

# SCIENCE & VIE

MENSUEL

N° 820 JANVIER 1986

ISSN 0036 8369

1000 J. Neurosci., November 1, 2006 • 26(44):9992–10003

**DANS CE  
NUMERO :  
DES  
LUNETTES  
ET UNE CARTE  
POUR VOIR LA  
FRANCE EN RELIEF**

# L'ÉTRANGE AFFAIRE DE LA CYCLOSPORINE - SIDA

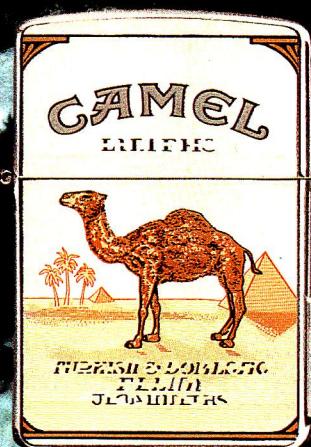
**16 F**  
**N° 820**

SUISSE	5 FS
CANADA	\$ 2,75
BELGIQUE	110 FB
ESPAGNE	450 Ptas
MAROC	16 DH
TUNISIE	1,6 DT

# CAMEL

## BRIQUETS

HOMMÉ DELAFOSSE & ASSOCIES



BRIQUET TEMPÈTE RECHARGEABLE, FABRIQUÉ PAR ZIPPO, USA.

# SCIENCE & VIE

## • DIRECTION, ADMINISTRATION

Président : JACQUES DUPUY  
Directeur Général : PAUL DUPUY  
Directeur Adjoint : JEAN-PIERRE BEAUVALET  
Directeur Financier : JACQUES BEHAR

## • REDACTION

Rédacteur en Chef : PHILIPPE COUSIN  
Rédacteur en Chef Adjoint : GERALD MESSADIÉ  
Chef des Informations,  
Rédacteur en Chef Adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN  
Rédacteur en Chef Adjoint : GÉRARD MORICE  
Secrétaire Général de Rédaction : ELIAS AWAD  
Secrétaire de Rédaction : DOMINIQUE LAURENT  
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE,  
ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION,  
JACQUES MARSAUT, FRANÇOISE HARROIS-MONIN,  
SVEN ORTOLI, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR,  
MARIE-LAURE MOINET, OLIVIER POSTEL-VINAY  
ANNY DE LALEU, ROGER BELLONE, FRANÇOISE SERGENT

## • ILLUSTRATION

ANNE LÉVY  
Photographe : MILTON TOSCAS

## • DOCUMENTATION

CATHERINE MONTARON

## • MAQUETTE

CHRISTINE VAN DAELE  
Assistant : LIONEL CROSON

## • CORRESPONDANTS

New York : SHEILA KRAFT 115 East 9 Street - NY 10003 - USA  
Londres : LOUIS BLONCOURT 16, Marlborough Crescent  
London W4, 1 HF  
Tokyo : MARIE PARRA-ALÉDO - The Daily Yomiuri 1-7-1  
Otemachi Chiyoda-Ku - Tokyo 100

Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.  
Capital social : 2 294 000 F - durée : 99 ans  
5 rue de La Baume - 75415 Paris Cedex 08 - Tél. 45 63 01 02  
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY,  
PAUL DUPUY

## • SERVICES COMMERCIAUX

Directeur Commercial : OLIVIER HEUZÉ  
Marketing - Développement : BERNARD DA COSTA  
Abonnements : SUSAN TROMEUR  
Assistée de PATRICIA ROSSO  
Vente au numéro : BERNARD HÉRAUD  
Assisté de MARIE CRIBIER  
Belgique : A.M.P. - 1, rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles

## • RELATIONS EXTERIEURES

MICHELE HILLING

## • EXPORTUNITES

GHISLAINE DICHY - Poste 212

## • PUBLICITE

Excelsior publicité - INTERDECO  
67, Champs-Elysées - 75008 Paris - Tél. 42 25 53 00  
Directrice du Développement : MICHÈLE BRANDENBURG  
Chef de publicité : FRANÇOISE CHATEAU  
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS  
Numéro de commission paritaire : 57284

## A NOS LECTEURS

• Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

## A NOS ABONNES

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,10 F en timbres poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de recitation dans le cadre légal.  
LES MANUSCRITS NON INSÉRÉS NE SONT PAS RENDUS.

COPYRIGHT 1985 SCIENCE & VIE  
CE NUMÉRO DE SCIENCE & VIE A ÉTÉ TIRÉ A 434 000 EXEMPLAIRES



BVP

# ABONNEZ-VOUS A

# SCIENCE & VIE

ETRANGER : BENELUX 1 an simple 1100 FB - 1 an couplé 1550 FB  
EXCELSIOR PUBLICATIONS - B.P. N°20 IXELLES 6 - 1060 BRUXELLES  
CANADA 1 an simple 35 \$ Can. - 1 an couplé 50 \$ Can.  
PERIODICA Inc. C.P. 444. Outremont, P.Q. CANADA H2V 4R6.  
SUISSE 1 an simple 54 FS - 1 an couplé 78 FS  
NAVILLE ET CIE, 5-7, rue Levrier, 1211 GENEVE 1.  
AUTRES PAYS 1 an simple 240 F - 1 an couplé 320 F.  
Commande à adresser directement à SCIENCE & VIE.  
Recommandé et par avion nous consulter.

1 AN - 12 Numéros

166 F 2 ans : 320 F

1 AN - 12 Numéros  
+ 4 Hors Série

230 F 2 ans : 445 F

## BULLETIN D'ABONNEMENT

A découper ou recopier et adresser  
païement joint, à SCIENCE & VIE  
5, rue de La Baume 75008 PARIS

• Veuillez m'abonner pour :

1 an  
 2 ans

1 an + hors série  
 2 ans + hors série

Nom.....

Prénom.....

Adresse.....

Code postal.....

Ville.....

Pays.....

Profession.....  
(facultatif)

• Ci-joint mon règlement de ..... F  
par chèque ou mandat-lettre à l'ordre  
de Science & Vie-Bred.  
Etranger : mandat international ou  
chèque compensable à Paris.

SV820

## ● SAVOIR

### CHERCHEUR CHERCHE EMPLOI STABLE

PAR JEAN HEYRAS

6

### URANUS, ENFIN VU DE PRÈS

PAR ANNA ALTER

14

### LES GALAXIES ROUGES

PAR ANNA ALTER

20

### LES PHYSICIENS DÉCOUVERTRENT LA FICELLE

PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

22

### NEUROLOGIE : LES TROIS PREMIÈRES ANNÉES DE LA VIE

PAR OLIVIER POSTEL-VINAY

30

### LA TROUBLANTE AFFAIRE CYCLOSPORINE-SIDA

PAR LE DR JEAN-MICHEL BADER

36

### ESPIONNAGE CHEZ LES MICROBES

PAR LE DR JEAN-MICHEL BADER

49

### SOIS MAIGRE ET TAIS-TOI !

PAR MICHEL ROUZE

52

### ÉCHOS DE LA RECHERCHE

DIRIGÉS PAR GERALD MESSADIÉ

61

## ■ POUVOIR

### DES FISSURES DANS LES AVIONS, EST-CE POSSIBLE ?

PAR SERGE BROSSELIN

68

### FRANCE-ANGLETERRE : LE PONT LE PLUS CHER DU MONDE

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

79

### DOSSIER : SPOT VA VENDRE LA FRANCE EN 3 DIMENSIONS

PAR FRANÇOISE HARROIS-MONIN

(dans ce numéro, une affiche et des lunettes pour vous donner un avant-goût de ce que seront les images de SPOT)

88

### LE KIWI CONQUIERT NOS VERGERS

PAR MARIE-LAURE MOINET

104

### ÉCHOS DE L'INDUSTRIE

DIRIGÉS PAR GÉRARD MORICE

109

### DES MARCHÉS À SAISIR

114

## ▲ UTILISER

### MICRO-INFORMATIQUE :

#### CANDIDE ET LE SIMULATEUR DE VOL

PAR PIERRE COURBIE

## DES FISSURES DANS LES AVIONS ?

C'est une cause méconnue d'accidents. A Dallas,

le 2 août 1985, la queue de cet avion s'est brusquement séparée du reste de l'appareil. Bilan : 135 morts. Les tests d'usure offrent-ils des garanties suffisantes ?

S. BROSSELIN

68

### LA COPIE COULEUR GÉANTE

PAR ALEX KOVALEFF

116

### LES JEUX

PAR PIERRE AROUTCHEFF, PIERRE BERLOQUIN, DANIEL FERRO, RENAUD DE LA TAILLE ET HENRI-PIERRE PENEL

120

### “SCIENCE & VIE” A LU POUR VOUS

#### ÉCHOS DE LA VIE PRATIQUE

122

DIRIGÉS PAR ELIAS AWAD

140

### VOIR LA COMÈTE DE HALLEY EN AVION AVEC “SCIENCE & VIE”

147

150

Encart CFL - 4 pages — tirage alterné  
(entre 2<sup>e</sup> de couverture et page 1)

I-IV

Encart lunettes - 2 pages  
(entre les pages 96 et 97)

Encart affiche - 18 pages.  
(entre les pages 96 et 97)

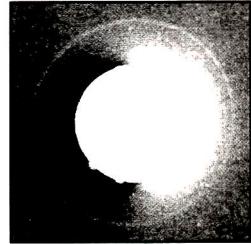




---

### **HALLEY : DERNIÈRES NOUVELLES**

Voci la comète, le 14 décembre, à côté de l'étoile Gamma des poissons, alors qu'elle fonce vers le Soleil. En page 150, le point sur notre concours photo et nos voyages astronomiques dans l'hémisphère sud



---

### **URANUS VU DE PRÈS**

Première photo mondiale de son anneau Epsilon  
A. ALTER

▲ 150

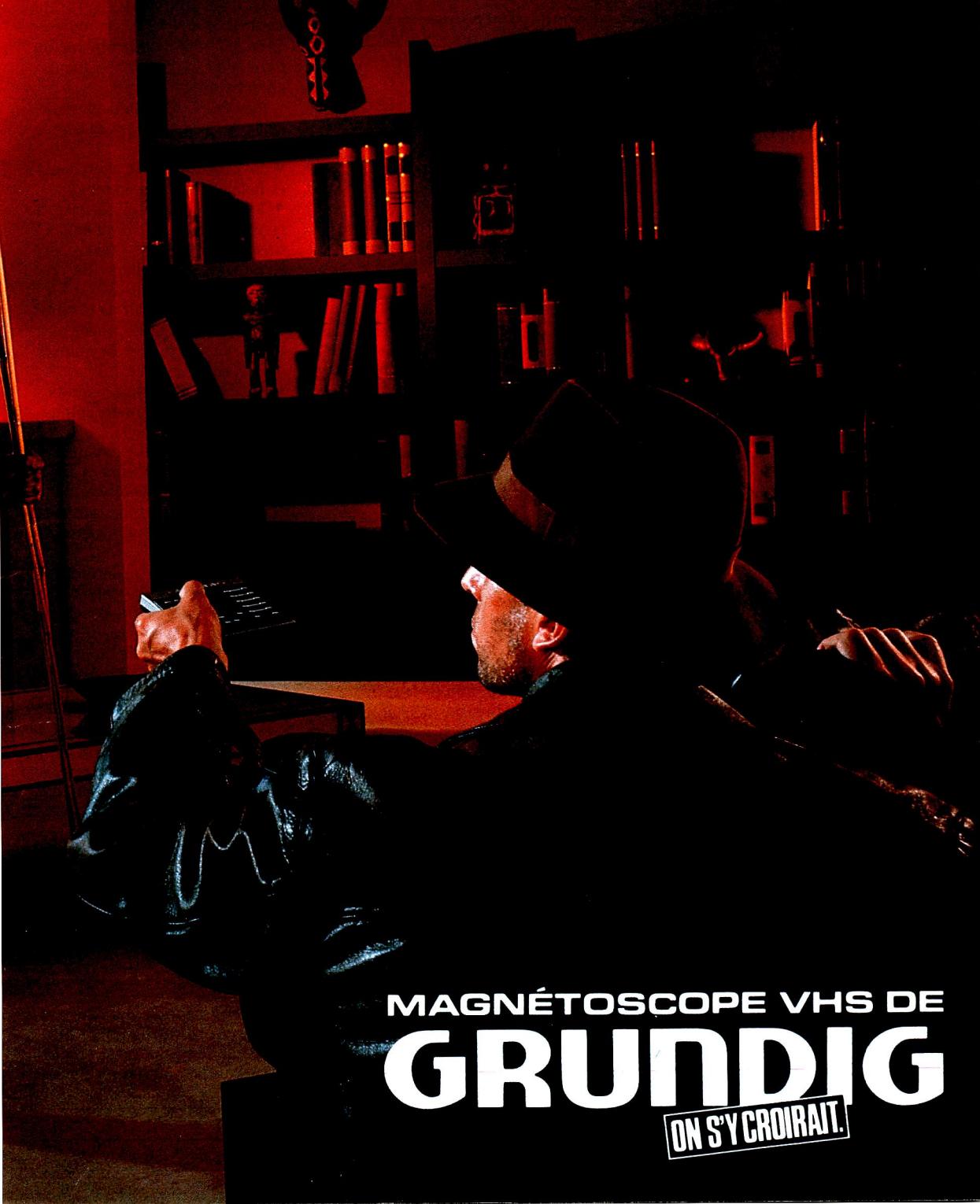
● 14

# MMMAIRE

# ATTENTION AUX



# IMAGES GRUNDIG.



MAGNÉTOSCOPE VHS DE  
**GRUNDIG**

ON S'Y CROIRAIT.

# CHERCHEUR CHERCHE

## JAMAIS LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**FRANCAISE N'A BENEFICIE** d'une telle sollicitude, de la part des pouvoirs publics. Proclamée « priorité nationale », dotée de moyens financiers renforcés, elle attire de plus en plus de jeunes diplômés. Ceux-ci, se fiant aux discours officiels, croient que la carrière de chercheur est une profession d'avenir. La réalité, hélas, est bien moins exaltante.



est un moment historique pour la recherche française : elle redevient une *priorité nationale*, et les élus du pays sont appelés à donner la majesté de la loi à cette grande ambition » (M. Jean-Pierre Chevènement, ministre de la Recherche et de la Technologie, devant le Sénat, le 13 mai 1982). « Le budget de la recherche est la *priorité absolue*, puisqu'il progresse de plus de 8 % en volume. Le développement de la recherche est vital : il est ce qui, fondamentalement, sépare une attitude d'expectative d'une stratégie d'anticipation » (M. Laurent Fabius, ministre de l'Industrie et de la Recherche, devant l'Assemblée nationale, le 11 octobre 1983). « La *priorité* que la nation est prête à accorder aux acteurs de la recherche et du développement technologique pour répondre aux défis de la modernisation et de la compétition, se lit de façon particulièrement marquante dans le budget pour 1986 » (M. Hubert Curien, ministre de la Recherche et de la Technologie, dans la présentation du budget civil de recherche pour 1986).

La constante faveur dont a bénéficié la recherche depuis 1981, sous les trois ministres qui

en ont successivement eu la charge, se retrouve jusque dans le vocabulaire : la recherche scientifique est une « priorité »

Ces discours ont évidemment trouvé un écho dans les universités. En cette époque où l'on regarde à deux fois avant d'embrasser une carrière, jugeant de son attrait à l'avenir qu'elle possède, un grand nombre d'étudiants se sont tournés et se tournent encore vers la recherche, puisant dans l'intérêt que le gouvernement lui manifeste l'assurance d'y trouver des débouchés.

C'est à tous ces candidats à la recherche que nous nous adressons, afin de leur éviter les lendemains qui déchantent. Attention : nous n'avons pas voulu faire un dossier exhaustif sur la recherche elle-même, mais simplement évoquer quelques-unes des faiblesses de l'institution en ce qui concerne le recrutement, et tirer des mésaventures vécues par certains des leçons valables pour tous.

**La recherche civile en France.** L'État emploie plus de 50 000 chercheurs et ingénieurs de recherche, et un nombre supérieur de techniciens de recherche. Ils se répartissent à peu près à égalité entre les grands organismes de recherche,

comme le CNRS et les universités (25 000 chercheurs sur un total de 43 000 « enseignants-rechercheurs »).

Par ordre d'effectifs décroissants, les principaux organismes sont :

- le CNRS (13 200 chercheurs et ingénieurs de recherche);
- le CEA (Commissariat à l'énergie atomique, dont le secteur civil emploie 4 000 chercheurs et ingénieurs de recherche);
- l'INSERM (Institut de la santé et de la recherche médicale : 2 100 chercheurs et ingénieurs de recherche);
- l'INRA (recherche agronomique : 2 000 chercheurs et ingénieurs de recherche);
- le CNET (télécommunications : 1 500 chercheurs et ingénieurs de recherche);
- le CNES (recherche spatiale : 1 000 chercheurs et ingénieurs de recherche).

L'État consacre au total quelque 75 milliards de francs à la recherche. Le tiers de cette somme va à la recherche militaire, les deux tiers à la recherche civile. Le budget du CNRS est de 9 milliards. C'est dire que cet organisme, figure de proue de la recherche française depuis 1945, ne reçoit qu'un peu plus du dixième du total de l'effort public de recherche. De l'avis de M. Papon, son directeur général, si, globalement, ce budget s'est accru depuis 1979, « les crédits de recherche allant à chaque chercheur n'ont pas augmenté, alors même que les investissements en matériel deviennent de plus en plus coûteux ».

**Recherche fondamentale ou recherche « finalisée » ?** Aujourd'hui, l'essentiel des crédits de recherche vont à la recherche

# EMPLOI STABLE

"finalisée": celle qui débouche sur une rentabilité à court terme. On peut même dire que le financement de tel ou tel projet est proportionnel à la rentabilité que l'on en espère.

C'est ainsi que le seul secteur du CNRS qui bénéficie d'augmentations de crédit substantielles est celui des "sciences pour l'ingénieur". La recherche fondamentale est négligée.

Bien sûr, les enjeux économiques immédiats ne doivent pas être sous-estimés; l'intérêt, voire le profit, font aussi partie des motivations de la recherche. Mais est-ce une raison, peut-on se demander, pour sacrifier le besoin désintéressé de connaître et de comprendre? Il s'agit probablement d'un mauvais calcul. D'abord parce que la recherche fondamentale est souvent beaucoup moins coûteuse que la recherche appliquée. Une équipe de mathématiciens, par exemple, ne coûte guère plus que les salaires qui sont versés à ses membres. Ensuite parce qu'une découverte scientifique fondamentale est beaucoup plus riche en retombées ultérieures que la découverte d'une application, si rentable soit-elle sur le moment.

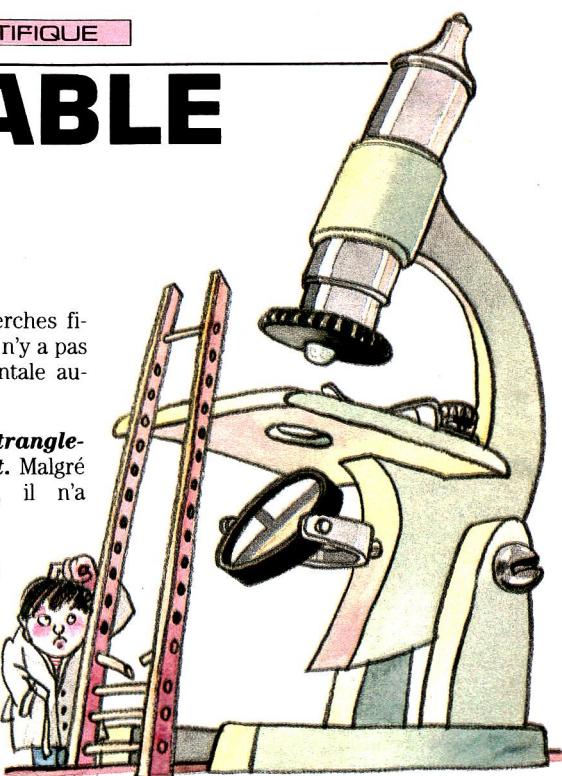
Pour rester dans le domaine des mathématiques, prenons l'exemple de la théorie des matrices. Pure spéculation intellectuelle due au mathématicien anglais Arthur Cayley (1821-1895), le calcul matriciel a joué et joue encore un rôle considérable en physique. C'est grâce à lui que Werner Heisenberg a pu donner une formulation mathématique cohérente à la mécanique quantique. C'est grâce à lui aussi que l'on étudie aujourd'hui, en électricité pratique, les réseaux maillés, ou encore la propagation des ondes en milieux périodiques.

Où seront les "recherches finalisées" de demain s'il n'y a pas de recherche fondamentale aujourd'hui?

• **Un goulet d'étranglement : le recrutement.** Malgré les discours officiels, il n'a jamais été aussi difficile d'entrer dans un grand établissement de recherche qu'aujourd'hui. La raison en est simple. Aux recrutements massifs de la belle époque de croissance qu'étaient les années 60 a succédé

une période de stagnation et plus encore de fonctionnarisat, qui fige carrières et budgets. Cette fonctionnarisat a été consacrée par la loi Chevènement de 1982: désormais, tous les chercheurs en titre sont des fonctionnaires, comme les employés des postes et les inspecteurs des impôts. Si l'on veut créer un emploi dans un organisme de recherche, il faut désormais soit attendre qu'un chercheur parte à la retraite, soit accroître l'effectif total de l'organisme. Même si le budget de l'Etat, comme c'est le cas aujourd'hui, accorde une priorité à la recherche, l'effort financier ainsi fourni n'est jamais, en termes d'emploi, qu'un filet d'eau à la source d'un glacier.

Pour 1986, le ministre a ainsi annoncé, pour la totalité des organismes (universités et CNRS exclus), la création de 605 emplois de chercheurs et de 120 d'ingénieurs de recherche. Sur un total de 25 000, c'est peu. Rien n'assure, par ailleurs, qu'un nombre comparable de fonctionnaires-chercheurs sera



recruté l'an prochain. Le gouvernement actuel prévoit d'ailleurs que le nombre de nouveaux postes ouverts va se réduire progressivement jusqu'à l'an 2000, date à laquelle il ne sera plus que de 200 pour l'ensemble des organismes de recherche.

Dans sa prospective de développement à l'horizon 1990, le CNRS prévoit la création de 100 postes nouveaux par an, auxquels s'ajouteraient 350 postes dus aux départs en retraite. Si l'on considère la situation à l'échelle d'une discipline, on ne peut qu'être d'accord avec François de Closets, qui écrit dans son dernier livre: « Le recrutement qui s'est fait hier par pleins camions, s'effectue désormais à l'unité. Une ou deux places chaque année, pas plus. La pyramide des âges est devenue aberrante avec des générations squelettiques succédant aux générations pléthoriques. » (1).

En fait, la croissance actuelle des effectifs du CNRS est de quelque 2% par an. Dans sa prospective de développement à l'horizon 1990, le Centre envisage de pourvoir 450 postes

## QUE VAUT LA RECHERCHE FRANÇAISE ?

Il n'existe pas de réponse simple à une telle question. Les instruments de mesure sont fragiles. On peut par exemple, compter les prix Nobel, ou calculer la proportion des articles français publiés ou cités dans les grandes revues internationales spécialisées. La meilleure méthode, qui n'est cependant pas pratiquée, consisterait peut-être à réaliser des sondages anonymes auprès des laboratoires étrangers qui tiennent le haut du pavé dans les diverses disciplines. La recherche étant une activité d'essence internationale, et non pas nationale, c'est en effet en demandant aux autres ce qu'ils pensent de nous qu'on aurait le plus de chances d'approcher la réalité.

Voyons d'abord les premières méthodes. Depuis la Seconde Guerre mondiale, la France n'a été mentionnée que quatre fois au hit-parade des prix Nobel : en 1965 en biologie (Jacob, Lwoff et Monod), en 1966 et 1970 en physique (Kastler et Néel) et en 1980 en biologie (Dausset). Elle a cependant reçu cinq médailles Fields (le super Nobel de mathématiques, décerné tous les quatre ans). Total : neuf prix d'excellence. Comparons avec des pays comparables. Dans la même période, la Grande-Bretagne a été nommée trente-sept fois, soit près d'une fois par an en moyenne. Malgré l'exode des savants sous le nazisme et la coupure du pays en deux, l'Allemagne a été nommée seize fois.

Si l'on considère la période la plus récente (depuis 1970), la France a reçu une médaille Fields et deux prix Nobel, l'Allemagne quatre prix Nobel.

Les prix Nobel couronnent souvent une recherche dont les temps forts remontent loin dans le passé. Mais il existe un moyen plus immédiat de jauger la recherche menée dans un pays. C'est le tableau croisé des pourcentages d'articles publiés dans les 2 000 meilleures revues internationales et des pourcentages d'articles cités dans ces mêmes revues. Ces tableaux sont tenus aux Etats-Unis par l'ISI (Institut pour l'information scientifique).

Relevons d'abord que le taux global de pénétration de la France dans les grandes revues internationales est faible : de l'ordre de 5,5 % du total. Nous sommes largement dépassés par la Grande-Bretagne (8,3 %), moins nettement par l'Alle-

magne fédérale (6,2 %). Une raison souvent invoquée est qu'il existe un biais en faveur des pays anglo-saxons. Mais cela n'explique pas la supériorité de l'Allemagne, ni celle du Japon (6,8 %). Notre retard relatif est d'ailleurs plus net si l'on considère, non plus le pourcentage d'articles publiés, mais celui des articles cités. Malgré une remontée récente, la France se contente d'un modeste 4,3 % contre 9,7 % pour la Grande-Bretagne et 5,8 % pour l'Allemagne fédérale. Bien sûr, il existe de franches disparités entre les secteurs. En physique, notre taux de publications est supérieure à la moyenne des autres disciplines. En mathématiques, notre taux de citations nous place pas loin du premier rang mondial.

Si l'on examine maintenant l'évolution de ces taux (publications et citations) au cours de la dernière décennie (1973-1982), on constate que les données sont contradictoires. En effet, le pourcentage global d'articles d'origine française publiés dans les meilleures revues a baissé de 9 %, tandis que le pourcentage d'articles français cités augmentait de 8 % (voir tableau). Est-ce-à-dire que nous publions moins, mais des articles de meilleure qualité. Avant d'en discuter, relevons les secteurs où, d'après ces critères, nous sommes manifestement en perte de vitesse, et ceux où nous marquons des points.

Nous perdons incontestablement du terrain, depuis 10 ans, en biologie fondamentale (- 30 % en nombre d'articles publiés, - 2 % en nombre d'articles cités). Nous marquons in-

contestablement des points en sciences de l'ingénieur et en technologie (+ 31 % et + 8 %), en physique (+ 7 % et + 13 %) et en mathématiques (même taux de publications mais + 19 % pour le taux de citations).

La Grande-Bretagne, pour sa part, accuse une baisse globale tant en ce qui concerne le nombre d'articles publiés (- 10 %) que du point de vue du taux de citations (- 15 %). Il se pourrait donc qu'on voie la fréquence des Nobel britanniques se ralentir à l'avenir. La Grande-Bretagne perd notamment des points en recherche biomédicale (- 10 % et - 28 %), en chimie (- 12 % et - 12 %), en médecine clinique (- 9 % et - 11 %), en sciences de l'ingénier et technologie (- 20 % et - 21 %), en mathématiques (- 5 % et - 15 %) et en physique (- 21 % et - 22 %).

Au contraire, l'Allemagne fédérale progresse plus nettement que la France dans plusieurs secteurs : en recherche biomédicale (+ 7 % et + 48 %), en chimie (+ 7 % et + 4 %), en sciences de la terre et de l'espace (+ 46 % et + 66 %) et en physique (+ 28 % et + 35 %). Il se pourrait que l'on voie les Allemands obtenir davantage de prix Nobel à l'avenir.

Il faut cependant prendre ces données avec précaution. La publication d'articles dans une grande revue scientifique n'est pas toujours un gage de qualité. Elle dépend aussi des rapports de force entre laboratoires, des relations personnelles, de la "lèche", de la notoriété "mondaine" du ou des chercheurs qui signent l'article. Comme les revues sont nombreuses, il est possible de publier les mêmes résultats, présentés sous une

PAYS	ÉVOLUTION DU NOMBRE DE PUBLICATIONS (% 1973-1982)			ÉVOLUTION DU NOMBRE DE CITATIONS (% 1973-1982)		
	FRANCE	G-B	RFA	FRANCE	G-B	RFA
BIOLOGIE	- 30 %	+ 4 %	- 10 %	- 2 %	- 4 %	+ 13 %
RECHERCHE BIOMÉDICALE	- 27 %	- 10 %	+ 7 %	+ 10 %	- 28 %	+ 48 %
CHIMIE	- 17 %	- 12 %	+ 11 %	+ 3 %	- 12 %	+ 4 %
MÉDECINE CLINIQUE	- 6 %	- 9 %	- 13 %	+ 17 %	- 11 %	+ 3 %
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ESPACE	- 4 %	+ 10 %	+ 46 %	+ 9 %	- 5 %	+ 66 %
SCIENCES DE L'INGÉNIER, TECHNOLOGIE	+ 31 %	- 20 %	+ 0 %	+ 8 %	- 21 %	- 11 %
MATHÉMATIQUES	+ 0 %	- 5 %	+ 15 %	+ 19 %	- 15 %	+ 3 %
PHYSIQUE	+ 7 %	- 21 %	+ 28 %	+ 13 %	- 22 %	+ 35 %
TOTAL	- 9 %	- 10 %	+ 2 %	+ 8 %	- 15 %	+ 14 %

forme différente, dans deux revues. Les chercheurs appellent cela des "doublons". Ils sont tellement fréquents qu'il n'est pas rare de voir un chercheur se vanter de présenter une bibliographie sans doublons ! Une autre technique consiste à "sauccissonner" l'article. Les résultats d'une même équipe de chercheurs parviennent ainsi à obtenir plusieurs publications pour un seul travail.

Ces pratiques et quelques autres, qui faussent le sens de la mesure des taux de publications, ont été dénoncées haut et fort lors du dernier congrès de l'American Association for the Advancement of Science.

Le taux de citations, lui, est entaché d'un défaut supplémentaire. C'est que des articles franchement mauvais, tendancieux, voire frauduleux, sont plus souvent cités que des articles de bonne qualité. Il faut en effet les réfuter ! L'article du chercheur suisse Illmensee, publié dans la prestigieuse revue *Cell*, qui rendait compte de la première expérience réussie de clonage de mammifères, s'est révélé frauduleux. C'est sans doute pour cette raison qu'il a été très souvent cité ! C'est donc cette fraude qui a contribué à faire remonter la Suisse dans le tableau international des citations !

Autre exemple éloquent : celui des trois chercheurs français qui ont publié prématurément les résultats soi-disant spectaculaires de l'administration de cyclosporine à des malades atteints du SIDA. Or, toutes les disciplines se prêtent à des controverses acharnées, et la passion qui les anime sucite des articles tendancieux, qui sont cités afin d'être contestés. Parmi les sujets les plus croustillants, citons le cancer, les manipulations génétiques, la psychologie différentielle, l'extinction des espèces, les origines de l'homme, le Big Bang, les quatre forces de l'Univers, la télévision en relief, les ordinateurs parallèles.

On doit tout de même juger que les chiffres relevés pour la Grande-Bretagne sont inquiétants, ceux de l'Allemagne encourageants. De même, la percée enregistrée par le Japon pendant cette période (+ 40 % en publications, + 65 % en citations) a évidemment une signification, même si ce pays est parti de taux très bas. Il est beaucoup plus malaisé de tirer une conclusion dans le cas de la France. Les chiffres permettent seulement de penser que nous continuons d'être excellents en

mathématiques et bons en physique, que nous progressons en technologie, mais baïsons en biologie et maintenons notre médiocrité dans les autres disciplines.

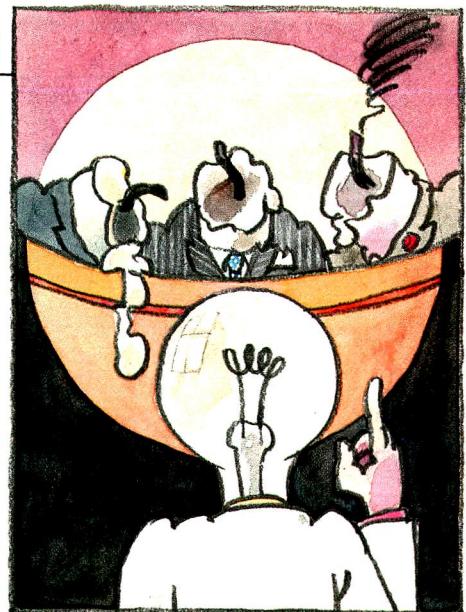
Le succès d'Ariane et nos récentes percées à l'exportation (RITA et les moteurs pour Boeing) montrent que nous sommes compétitifs dans certains secteurs de haute technologie. Pour l'essentiel, cette compétitivité est cependant le fait de laboratoires industriels, pas de laboratoires publics de recherche fondamentale.

Ces succès sont d'ailleurs compensés par des échecs cuisants dans d'autres secteurs (informatique, composants, circuits intégrés, électronique grand public, etc.) Au cours des vingt dernières années, le pourcentage de brevets d'origine française déposés aux USA n'a d'ailleurs pas varié : il est resté à 8 %. Dans l'industrie, le rapport entre le nombre de chercheurs et l'emploi total ne nous place qu'au septième rang mondial.

Le facteur le plus inquiétant pour l'avenir de la recherche française est le vieillissement des chercheurs du secteur public et leur fonctionnariat. Au 31 décembre 1983, l'âge moyen des chercheurs du CNRS était déjà de 41 ans et 8 mois ; et il va continuer à vieillir dans les prochaines années. Or dans les sciences "dures" (mathématiques, physique, chimie), l'âge de la recherche la plus féconde se situe, en moyenne, entre 25 et 35 ans. C'est dire que la majorité de nos chercheurs (c'est encore plus vrai dans les autres organismes) a dépassé l'âge de la découverte. C'est un peu comme si nos équipes de football étaient composées de joueurs de plus de quarante ans.

Le vieillissement est évidemment renforcé par le fonctionnariat. Engagée depuis de nombreuses années, la tendance à faire de tous les chercheurs des fonctionnaires à emploi et retraite garantis a été consacrée par la loi Chevènement de 1982. Même en Grande-Bretagne, où pourtant la fonctionnalisation est plus marquée qu'en France, dans certains secteurs (médecine, par exemple), plus de la moitié des chercheurs sont des contractuels. Aux Etats-Unis, plus de des quatre cinquièmes des chercheurs sont des contractuels. Cela permet à ces pays de recruter des jeunes en plus grand nombre.

Olivier POSTEL-VINAY



(suite de la page 7)

par an, dont 100 "nouveaux". Sur ces 450 postes, 350 proviendront tout simplement des départs à la retraite.

**La situation du chercheur "moyen" en 1985.** Pour pallier le manque de crédits, le chercheur doit souvent payer de sa personne, s'improviser, selon les circonstances, maçon, menuisier, électricien ou garagiste. Il doit aussi faire office de secrétaire, s'occuper des formalités administratives, tenir sa comptabilité, essayer d'obtenir un peu plus d'argent, fournir des justificatifs en tous genres et, en plus, taper ses rapports, comptes rendus et communications.

Dans certaines équipes, le budget annuel est épuisé dès le mois de mai, et les chercheurs en sont plus ou moins réduits à se mettre en sommeil jusqu'à la dotation suivante. Ailleurs, ce sont les factures qui restent en souffrance, au grand dam des fournisseurs, ou les remboursements de frais de mission qu'il faut attendre des mois durant.

Il n'est pas rare non plus que les chercheurs soient obligés de payer de leurs propres deniers. Ainsi, dans bien des équipes, l'affranchissement du courrier n'est pris en charge qu'à concurrence de 3 francs par pli ; si les frais de port dépassent cette somme, le supplément doit être supporté par l'expéditeur. Résultat : le

Dessin A. Revellin

chercheur qui envoie un rapport, un document ou une thèse aux Etats-Unis — et qui fait ainsi valoir à l'étranger les fruits de la recherche française — doit sortir de sa poche 35 francs par pli.

Le comble de l'absurde, en matière de finances et de gestion, est atteint avec ce que les chercheurs appellent par dérision "le théorème d'Ubu". Il

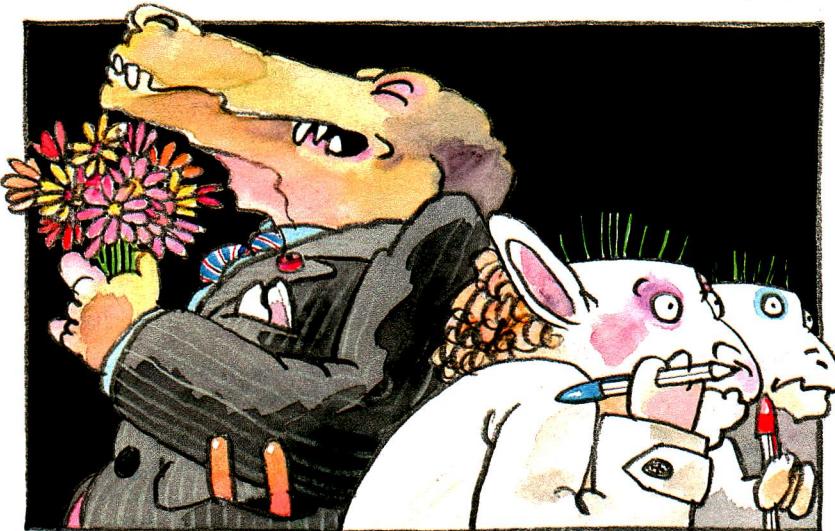
une étude comparée de l'animal, ni, éventuellement, retourner sur le site de sa "trouvaille" pour l'observer dans son milieu naturel. Alors, en désespoir de cause, il donnera l'information à un collègue américain qui, lui, aura la possibilité (et les moyens) de consacrer une année de travail à la mise en valeur du nouveau décapode.

Toujours faute d'argent, il

programme "Génie des procédés industriels de transformation" 2 300 000 franc, preuves du traitement privilégié réservé à la recherche "finalisée"). Il est vrai que les fonds ne sont pas illimités et qu'il faut bien choisir !

Autre exemple particulièrement affligeant dans le contexte que nous avons connu récemment : les fonds alloués à un programme concernant l'eau en Afrique couvraient tout juste les frais des rapports de fin de travail !

En 1982, dans la seule section Biologie, 850 projets furent présentés, et environ 150 financés. Si l'on veut bien se rappeler que tout projet, dans quelque discipline que ce soit, contient obligatoirement un thème de recherche original, sur lequel personne, ni au niveau national, ni au niveau international, ne travaille, on se rend compte des lacunes que, faute de crédits, comporte la recherche française.



peut s'énoncer ainsi : étant donné que le chercheur consacre environ un cinquième de son temps aux diverses formalités administratives destinées à lui procurer des crédits, la moyenne des crédits effectivement obtenus de cette façon est en général inférieure à la fraction de salaire correspondant au temps passé par ledit chercheur à effectuer les démarches en question.

L'impécuniosité endémique de la recherche empêche souvent le chercheur d'exploiter sa découverte et de rivaliser avec les scientifiques étrangers. Prenons le cas d'un naturaliste français qui croit avoir découvert une nouvelle famille de crevettes. Faute de moyens, il ne pourra pas faire les recherches nécessaires pour s'assurer qu'aucun autre naturaliste au monde n'a parlé de son petit crustacé ; il ne pourra pas non plus réunir la documentation indispensable à

existe quantité de disciplines dans lesquelles il n'y a pas de chercheurs, et des pans entiers de la recherche qui sont sous-développés, ou même carrément délaissés. Ainsi, il n'y a pas en France de spécialistes de l'évolution travaillant sur l'hybridation de l'ADN (alors que, pourtant, le sujet est considéré comme un thème prioritaire dans le programme du CNRS). De même, il n'y a pratiquement aucun chercheur du CNRS dans le Pacifique, en particulier dans le domaine des sciences naturelles et celui des sciences de l'homme et de la société.

Un secteur aussi important que la santé mentale n'a reçu en 1984 que 200 000 francs de crédits, et un programme intitulé "Cancérologie expérimentale et comparée" n'a même pas été financé (à titre de comparaison, le programme "Énergie et Industrie" a obtenu, cette même année, 4 500 000 francs, et le

**Le mythe de la pluridisciplinarité.** Tout candidat à la recherche devrait longuement méditer le mot "pluridisciplinarité", si souvent prononcé dans le monde où il désire entrer, et si peu mis en pratique.

Il ne peut, d'ailleurs, exister de véritable pluridisciplinarité sans des chercheurs qui aient eux-mêmes une formation pluridisciplinaire. Seul un médecin qui serait aussi botaniste pourrait établir un pont entre les deux disciplines, et éventuellement les enrichir l'une par l'autre.

Or, tant sur le plan des structures que sur celui du recrutement, le CNRS est loin d'avoir réussi à faire passer la pluridisciplinarité dans les faits. Certes, il a créé deux instituts pluridisciplinaires (l'Institut national des sciences de l'Univers, à Paris, et l'Institut des sciences de l'évolution, à Montpellier), et il en a d'autres en projet ; mais ce n'est pas pour autant qu'il a instauré la pluridisciplinarité. Les instituts en question se contentent en effet de regrouper plusieurs disciplines plus ou moins connexes, sans rien modifier des

habitudes antérieures. Les équipes de chercheurs continuent de travailler chacune de leur côté ; les cloisonnements ne sont pas moins rigides qu'auparavant. En réalité, on a procédé à une redistribution des équipes existantes, et non à une intégration. Les chercheurs cohabitent, mais ne collaborent pas davantage.

Malheureusement, les modalités actuelles du recrutement ne favorisent pas les candidats polyvalents. Imaginons qu'un biologiste possédant une solide formation de chimiste présente un projet de recherche où interviennent ces deux disciplines. Ce projet sera examiné soit par la commission de chimie, soit par celle de biologie. Or, les membres de chacune de ces commissions, n'étant pas eux-mêmes pluridisciplinaires, seront dans l'incapacité de juger de la valeur du projet présenté et auront généralement tendance à préférer soit un projet de pure biologie, soit un projet de pure chimie. Ainsi, la polyvalence, loin d'être un atout, est un handicap, et le candidat aura tout intérêt à se résigner à l'oublier s'il veut conserver quelques chances d'être sélectionné.

**Plus de "pistonnés" que de places.** Sorte d'Etat fédéral réunissant des scientifiques venus de tous les horizons, le CNRS a son parlement : le Comité national. Celui-ci est constitué de 45 commissions, dont les membres sont élus et renouvelés tous les quatre ans. Chaque commission représente une discipline, comprend généralement une trentaine de membres et se subdivise en sous-commissions.

Le rôle des commissions est si étendu et si divers que l'on peut considérer que ce sont elles qui détiennent l'essentiel du pouvoir. En premier lieu, elles définissent les programmes de

recherche et indiquent les orientations qui semblent les plus prometteuses, ce qui nous intéresse particulièrement ici. Elles sont également responsables du recrutement des nouveaux chercheurs puisque ce sont elles qui examinent les projets déposés par les candidats et qui apprécient les compétences scientifiques de ces derniers. Enfin, elles jugent (on dit qu'elles "évaluent") les travaux des chercheurs en place et décident des promotions de ceux-ci à un grade ou à un échelon supérieurs.

Les places étant fort rares et donc fort recherchées, comme nous l'avons vu, leur attribution n'est pas toujours le résultat d'une sereine objectivité. La statistique le dit : les équipes dont un des membres appartient à une commission, bénéficient d'un recrutement en nouveaux chercheurs jusqu'à 20 fois supérieur à la moyenne.

Même les postes affichés n'échappent pas à la loi des préférences clandestines. On appelle "postes affichés" des emplois proposés par voie d'avis ou d'affiches par le Comité national et destinés à combler le vide dans une discipline, un laboratoire ou un thème de recherche. Le plus normalement du monde, les commissions qui proposent des postes affichés ont la possibilité de ne pas les pourvoir si elles jugent que les qualités des postulants ne sont pas suffisantes. Mais que penser lorsque, au bout de quatre ans, et bien qu'une moyenne de 5 candidats se soient présentés chaque année, le même poste n'a toujours pas été attribué ?

Connaissant la valeur moyenne des scientifiques qui frappent en vain à

la porte du CNRS, on imagine mal que l'une au moins des 20 personnes qui ont brigué

le poste n'ait pas été à la hauteur, et l'on présume plus volontiers que ce sont les membres de la commission qui ne sont pas parvenus à se mettre d'accord.

Le "copinage" est humain et existe partout. Tant que le nombre des protégés même s'ils sont moins méritants que les autres, ne dépasse pas quelques pour cent du recrutement, le mal n'est pas trop grand. Mais quand le nombre des protégés tend à atteindre le nombre total des places disponibles, le phénomène devient inquiétant.

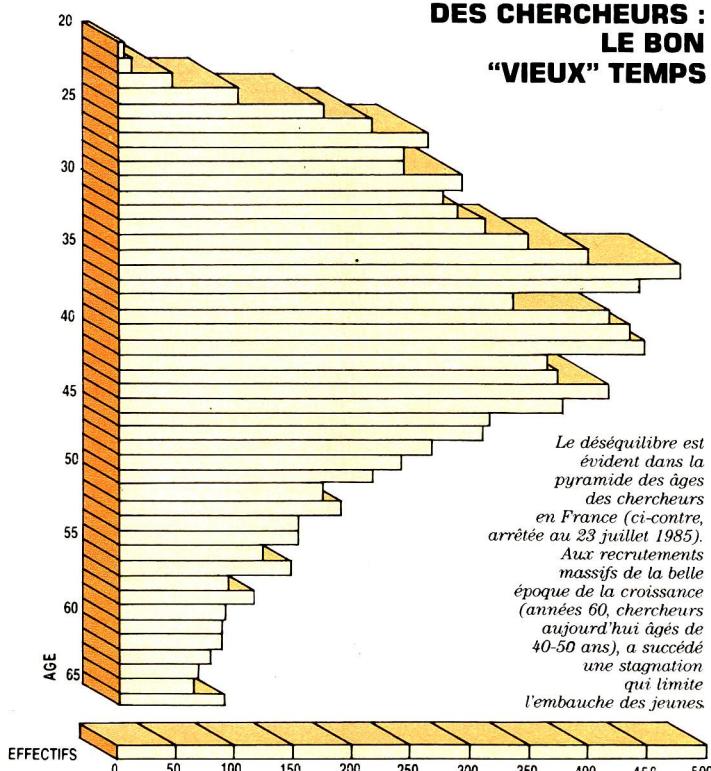
Ce n'est peut-être pas le plus grave. Beaucoup plus inquiétante en effet est l'insuffisance de certains membres du Comité national. Portés eux-mêmes à leur poste soit par le copinage, soit par l'action syndicale, ils ne possèdent pas toujours les qualités nécessaires au bon exercice de leurs responsabilités. Même s'ils ne représentent pas la majorité, leurs voix comptent autant que celles de leurs confrères. L'âge, par exemple, n'est pas forcément un critère de sagesse ; il peut au contraire être un facteur de sclérose. Surtout quand il s'agit de nommer un jeune chercheur, dans une voie qui n'avait même pas de nom au temps de jeunesse de l'examinateur.

**Des milliers de laissés-pour-compte.** Réunissant, le 4 décembre 1984, les directeurs des principaux organismes publics de recherche, M. Hubert Curien, ministre de la Recherche et de la Technologie, rappelait à son auditoire l'importance qu'il accordait à la valorisation de l'image de la recherche française dans le grand public et suggérait qu'un certain nombre d'actions soient entreprises pour mieux faire connaître, notamment auprès des jeunes, le métier de chercheur.

Certes, on reconnaîtra que



## RECRUTEMENT DES CHERCHEURS : LE BON “VIEUX” TEMPS



l'intention est louable, mais que signifie-t-elle dans le contexte actuel, alors qu'un candidat chercheur, titulaire d'un doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, c'est-à-dire ayant fait la preuve de son aptitude à la recherche, a aujourd'hui moins d'une chance sur sept d'être recruté ; alors que des milliers de docteurs du 3<sup>e</sup> cycle et de docteurs d'Etat, formés spécialement pour la recherche, ne font actuellement aucun travail de recherche, mais sont chômeurs ou occupent des emplois qui n'ont rien à voir avec leur formation et leurs compétences ?

Le hiatus entre les déclarations officielles et la réalité paraît donc considérable. La direction générale du CNRS affirme le plus sérieusement du monde que « la recherche se nourrit de l'université, laquelle, par ses étudiants, irrigue le CNRS d'un sang neuf ». Or, au sein de ce même CNRS, la moyenne d'âge dans certaines disciplines (certaines sciences naturelles, par

exemple) atteint 54 ans !

Toujours selon la direction générale du CNRS, « l'avenir de la recherche, et donc de notre organisme, dépend essentiellement des hommes qui la feront ». Or, en raison de la faiblesse du recrutement et des critères qui déterminent les choix, les jeunes les plus capables restent souvent devant la porte.

Car, par les temps qui courent, les titres scientifiques ne sont plus une garantie d'emploi. Ils peuvent même, paradoxalement, représenter un handicap, comme dans cette scène imaginée il y a une quinzaine d'années par Claude Klotz, dans son roman *Dracula père et fils* :

« Nom ?

— Bertradou.

— Profession ?

— Veilleur de nuit. C'était mon dernier emploi, mais je peux faire des tas de choses.

— Quelles sont vos différentes spécialités ?

— Je ne sais pas, dit Ferdinand. Je... je joue aux échecs et je parle

une dizaine de langues.

La bonne dame a la moue professionnelle de celle qui sait.

— On va marquer veilleur de nuit, c'est avec ça que vous avez le plus de chance de trouver du boulot. Si c'est trop savant, ça ne marche jamais. J'ai un numinaste paléontologue spécialiste de sémiologie biogénétique ; eh bien, ça fait trois ans qu'il vient me voir et je n'ai aucun espoir de le caser.

Elle râvasse un moment :

— C'est que, vous savez, on n'a pas que des tasses au chômage ; j'ai eu jusqu'à un prix Nobel, c'est vous dire !

En quinze ans, la réalité a rejoint la fiction !

### **La plainte des “hors-statut”.**

Lorsque l'on a fait sept années d'études supérieures, il est normal que l'on souhaite entrer dans la vie active. Comme on a choisi la voie de la recherche et que la recherche a été déclarée « priorité nationale », on a confiance et l'on s'adresse aux organismes publics de recherche. Mais on déchante vite : les organismes publics, et notamment le CNRS, n'ont pas de poste à offrir, ou si peu. Et il y a tant de candidats ! Alors que faire lorsqu'on a absolument besoin de travailler et que l'on ne possède pour seule référence qu'un doctorat en biochimie moléculaire des alphafetoprotéines ? N'importe quoi, y compris veilleur de nuit comme le surdoué évoqué par Claude Klotz.

Parmi les premiers emplois occupés par des diplômés du 3<sup>e</sup> cycle universitaire, on trouve ceux de barman, de vendeur de disques, de magasinier de supermarché, de caissier, et même de balayeur. Encore, dans bien des cas, ces emplois n'ont-ils été dénichés qu'après une ou plusieurs années de chômage total et non assisté.

Et que l'on ne croie pas qu'il s'agisse d'une fraction marginale d'étudiants malchanceux, victimes d'un engorgement passager. Non, chaque année, l'université produit environ 20 000

diplômés de 3<sup>e</sup> cycle, dont la destination la plus normale est la recherche puisqu'ils ont été formés à cela. Or, moins d'un millier d'entre eux obtiendront un poste dans les établissements publics de recherche. Plus de 19 000 seront donc des laissés-pour-compte.

Les plus favorisés — les plus nombreux aussi — parviendront à se reclasser dans l'enseignement, public ou privé, soit comme professeurs (le plus souvent non titulaires), soit comme pions. Quelques-uns se donneront l'illusion de préserver leur vocation scientifique en devenant aides-laborantins, et les autres, poussés par la nécessité, accepteront n'importe quel emploi pourvu qu'il les fasse vivre.

Certains, toutefois, plus accrocheurs ou plus inconscients, persisteront dans leur volonté de faire de la recherche. Faute d'entrer par la grande porte, ils se satisferont de la porte de service. Tolérés plus que reconnus, taillables et corvéables à merci, ils auront droit à l'appellation embarrassée et dérisoire de "hors-statut".

Au CNRS, il y a environ 3 000 hors-statut. Ce sont des gens à qui l'on a "prêté" un coin de local ou de bureau, à condition qu'ils demeurent discrets, dociles et désintéressés. En échange de leur cagibi ou de leur réduit, où jamais aucun inspecteur de l'hygiène n'a mis les pieds, ils se font un plaisir d'effectuer certaines tâches, en général subalternes et ennuyeuses, et de rendre différents services, trop heureux de pouvoir ainsi témoigner leur reconnaissance à l'équipe généreuse qui les a accueillis. Par faveur, ils sont admis à participer à la vie du laboratoire, mais il ne saurait être question qu'ils touchent le moindre centime de crédit de recherche, pour la bonne raison que leur nom n'apparaît sur aucune liste de personnel.

Cet anonymat administratif permet tous les abus. Le hors-statut ne reçoit pas de salaire, mais quelquefois un vague dédommagement payé sous forme

de vacations. Le tarif officiel est de 32 francs de l'heure, moins qu'une femme de ménage à Paris. De plus, les vacations servies à une même personne ne peuvent dépasser un certain quota d'heures, correspondant en fait à un tiers-temps. Faites le calcul : ce n'est pas la misère, mais ça n'en est pas très loin !

**N**e disposant d'aucuns moyens pour travailler, n'en ayant guère plus pour vivre, le hors-statut n'a cependant pas le droit de se plaindre. D'abord parce qu'il jouit de l'insigne privilège d'être admis dans le Saint des Saints ; ensuite parce que, tant bien que mal, il a la possibilité de se perfectionner dans la discipline qu'il a choisie. Et si l'équipe qui l'héberge reprend à son propre compte les travaux qu'il a menés ou les découvertes qu'il a faites, il doit considérer cela comme un honneur et un tacite hommage à sa capacité.

De la même façon que le provisoire est souvent ce qui est appelé à durer, la carrière du hors-statut peut être amenée à se prolonger pendant de nombreuses années. En effet, espérant toujours obtenir un véritable emploi de chercheur reconnu et patenté, le hors-statut s'incruste dans la place, dans l'attente d'un départ à la retraite ou d'une création de poste. Et pour avoir, le moment venu, le maximum d'atouts, il poursuit son travail de fourmi, multiplie les communications scientifiques, se rend indispensable à son entourage, fait la cour à tout le monde en se gardant bien de faire de l'ombre à personne.

Lorsque, enfin, un poste se libère, ils sont au moins trente à le briguer, ayant tous à peu près le même profil et les mêmes capacités. Seuls diffèrent l'ancienneté dans la formation et les appuis dont chacun peut bénéficier.

Un seul sera retenu. Les autres retrouveront leur situation de hors-statut en se disant

que les choses iront mieux la prochaine fois. Ainsi, d'occasion en occasion, de partie remise en partie remise, les écouduits de la recherche accumuleront les titres et les travaux. Ils seront lauréats, qui de la fondation de la Vocation, qui de la fondation de France, qui de l'Académie des sciences, qui du ministère des Universités, qui de la SPAR, qui du Touring Club, qui même de tous les organismes à la fois. Certains auront à leur actif jusqu'à trente communications scientifiques (ce qui demande au minimum sept ans à un chercheur en place), une douzaine de missions à l'étranger, des conférences un peu partout. Et cela, sans avoir jamais pris de vacances, et souvent en ayant une occupation annexe pour pouvoir faire vivre de façon décente leur famille.

A chaque nouvelle séance de recrutement, les commissions reconnaîtront leurs mérites, apprécieront leurs compétences, seront sensibles à la qualité de leurs projets... mais invoqueront la pénurie de postes.

Pas étonnant, dans ces conditions, qu'une importante personnalité du CNRS ait avoué avoir été impressionnée par les qualités professionnelles des

(suite du texte page 155)



# URANUS ENFIN VU DE PRÈS

*LA SONDE VOYAGER 2, LANCEE EN 1977, SURVOLE cette planète si bizarrement déséquilibrée. Elle transmettra aux astronomes des observations de première main sur cet astre aux mœurs curieuses.*

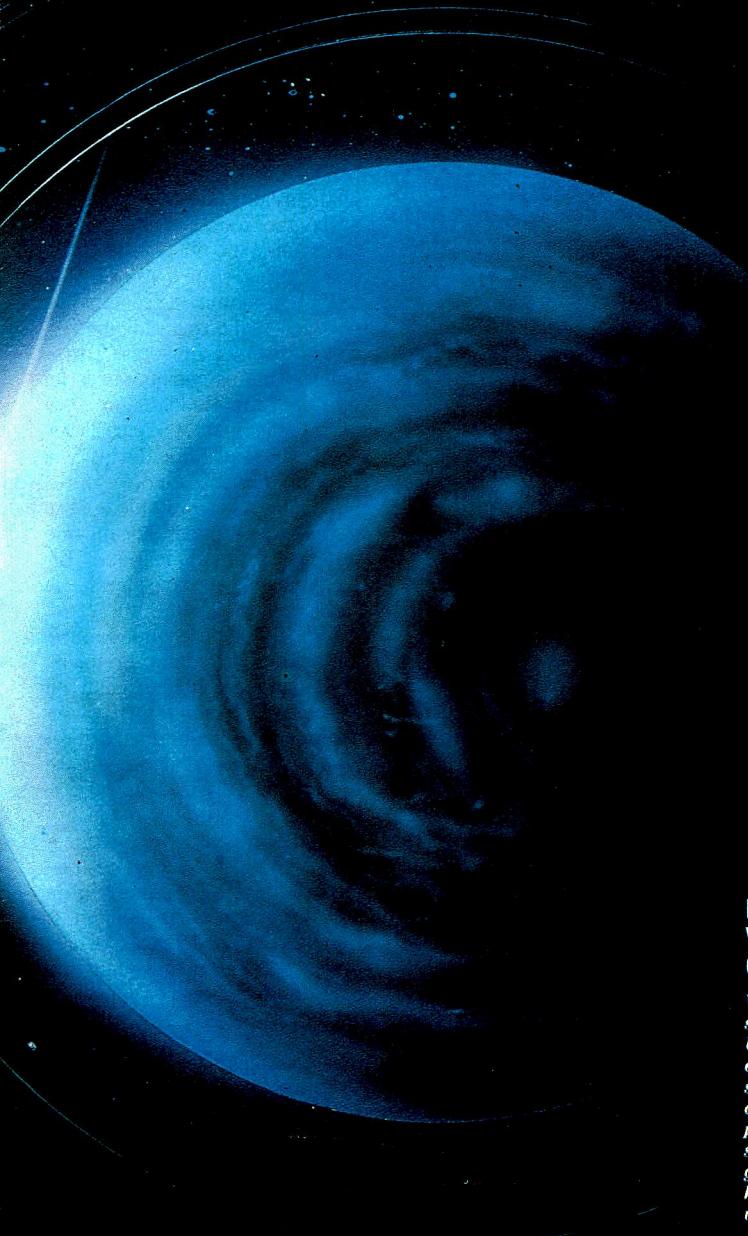
**P**armi d'autres événements intéressants, 1986 comportera un survol d'Uranus par la sonde américaine *Voyager 2*, le 24 janvier ; la rencontre de cinq sondes avec la comète de Halley, entre le 6 et le 13 mars ; enfin le lancement du télescope spatial dont la date sera fixée ultérieurement ; il se fera probablement courant août.

Le survol d'Uranus est passionnant : aucun engin spatial n'a survolé une planète aussi lointaine. Mais il est aussi vrai qu'on n'a jamais eu les moyens d'approcher une comète d'aussi près et qu'aucun télescope de cette taille n'a encore été mis en orbite (1).

Uranus est la plus atypique des neuf planètes du système solaire. Verte, dotée de cinq satellites apparemment givrés et de neuf anneaux filiformes, elle exciterait déjà l'imagination du profane ; mais de surcroît, son comportement singulier intrigue aussi les savants.

En effet, toutes les planètes gravitent autour du Soleil dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et, à l'exception de Vénus, elles tournent sur elles-mêmes dans le même sens. Or, Uranus va non seulement dans le sens contraire, mais aussi se tient mal sur son orbite. Alors





## RENDEZ-VOUS VOYAGER 2-URANUS CE 24 JANVIER

*Vue d'artiste de la rencontre de la sonde américaine Voyager 2 avec Uranus. La date du rendez-vous est fixée au 24 janvier 1986. On en saura alors plus sur cette planète qui vue de la Terre paraît bien palichonne. Encombrée de cinq satellites et de neuf anneaux. Elle gravite à quelque 3 000 millions de kilomètres du Soleil et a le teint verdâtre.*

que les autres y sont plus ou moins inclinées, lui est comme affalé : son axe fait un angle de 98° avec le plan orbital. Cet angle excessif fait qu'Uranus donne l'impression d'avoir « la tête légèrement à l'envers » et de tourner dans le sens inverse des autres planètes.

Avec son équipage de satellites et d'anneaux, il roule sur son axe comme un cerceau, pointant tantôt un pôle tantôt l'autre vers le Soleil au cours des 84 années terrestres que dure son année. Il en résulte que, sur ses pôles, les journées sont particulièrement longues.

Pendant 42 ans, il y fait continuellement jour, puis tombe une nuit d'égale longueur. Les saisons s'y étalement sur 21 ans. Lorsque le pôle sud est dirigé vers le Soleil, il baigne constamment dans la lumière et le plein été régne alors dans l'hémisphère austral. Pendant ce temps, l'hé-

misphère nord est plongé dans la nuit, l'équateur étant voué à la pénombre. Quarante-deux ans plus tard, la situation s'inverse. Entre ces saisons extrêmes, toutes les régions de la planète sont alternativement éclairées à chaque tour qu'elle fait sur elle-même. L'équateur reçoit alors plus de lumière que les pôles, un peu comme au printemps sur Terre, mais le résultat, on s'en doute, doit être très différent.

L'histoire de la découverte d'Uranus n'est pas banale non plus. Bien que visible à l'œil nu (sa magnitude étant de l'ordre de 6), pendant trente siècles on ignora son existence; pour les Anciens, le système solaire s'arrêtait à Saturne. C'est William Herschel qui, le 13 mars 1781, trouva Uranus par hasard en essayant une nouvelle lunette de sa fabrication. Regardant en direction de la constellation des Gémeaux, il remarqua un astre apparemment plus gros que les

autres. Pour mieux le voir, il prit des lunettes de plus en plus forts et vit son diamètre croître à vue d'œil. Ce ne pouvait donc être une étoile, car, quelle que soit la puissance des instruments qu'on utilise, la turbulence atmosphérique fait que l'image d'une étoile reste toujours une tache floue dont il est impossible de saisir les contours.

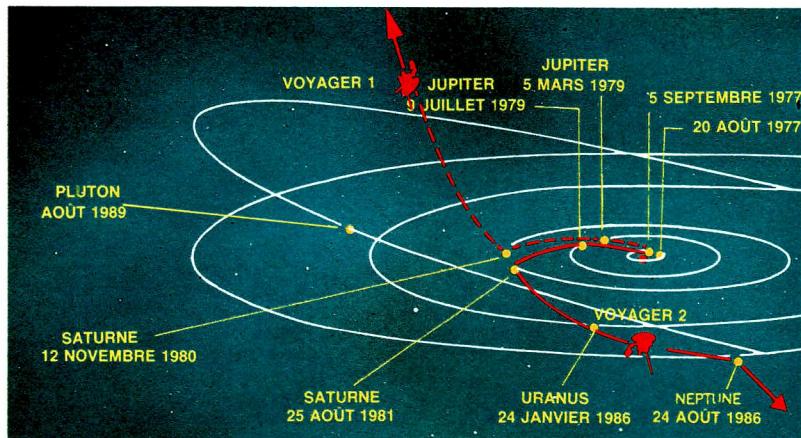
**L**es nuits suivantes, Herschel guetta l'astre et nota son léger mouvement sur la voûte céleste. N'osant ajouter, audace majeure, une nouvelle planète au système solaire, Herschel examina d'abord l'hypothèse d'une comète. Las ! Il y manquait la queue, carence incompatible avec une comète.

D'ailleurs, dans les semaines qui suivirent, Nevil Maskelyne démontra que la trajectoire du nouvel objet céleste ne corres-

Tauri ; le matricule 34 Tauri, depuis retiré, était celui d'Uranus. Les catalogues stellaires, réalisés en 1690 soit plus de 90 ans avant la trouvaille d'Herschel, n'ont pas encore été corrigés.

La découverte d'Uranus entraîna une série d'autres qui changèrent radicalement la représentation du système solaire. Deux fois plus éloigné du Soleil que Saturne, situé à 19,18 UA de lui (1 UA, ou unité astronomique, = 149,6 millions de kilomètres, soit la distance moyenne Terre-Soleil), Uranus corroborait la loi dite de Titius-Bode. Selon cette loi, établie en 1766 par Titius seul, mais dont Bode devint plus tard un fervent adepte, toutes les planètes du système solaire devaient se répartir suivant une progression mathématique. Effectivement, en considérant la suite numérique 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192... (où chaque chiffre, en dehors des deux premiers, représente le double de celui qui le précède directement), en ajoutant 4 à chacun d'eux et en les divisant tous par dix, on obtient la suite 0,4, 0,7, 1,0, 1,6, 2,8, 5,2, 10, 19,6... qui coïncide approximativement avec les distances au Soleil des planètes jusqu'à Uranus. A l'époque, seul le 5<sup>e</sup> chiffre ne correspondait à rien ; ce trou détruisait l'harmonie céleste ; il manquait une planète entre Mars et Jupiter, à 2,8 UA du Soleil.

Encouragés par la découverte d'Uranus, Bode et cinq de ses collègues se mirent en quête de la planète manquante. Le 21 septembre 1800, ils décidèrent d'un plan d'attaque : on diviserait le zodiaque en 24 régions, et un astronome surveillerait en permanence chacune d'elles. Mais ils n'eurent pas le temps de mettre leur plan à exécution. Le 1<sup>er</sup> janvier 1801, l'astronome sicilien Giuseppe Piazzi découvrit Cérès, une petite planète d'à peine un millier de kilomètres de diamètre, gravitant entre Mars et Jupiter, justement à 2,8 unités astronomiques environ du Soleil. Si l'on peut ainsi dire, Cérès — bien mal nommée — ne "faisait



## VOYAGER DANS LE SYSTÈME SOLAIRE EN RICOCHANT D'UNE PLANÈTE À L'AUTRE

Lancées depuis cap Kennedy en 1977, les sondes automatiques Voyager 1 et 2 ont pour objectif l'exploration du système solaire. Profitant d'une position particulièrement favorable des planètes extérieures, qui ne se produisit que tous les 179 ans, la NASA a employé la technique du "ricochet planétaire". Elle consiste à utiliser le mouvement orbital de la planète survolée pour accélérer la sonde et la diriger vers la planète suivante. Ainsi, au passage près de Jupiter en 1979 Voyager 1 et 2 ont été accélérées vers Saturne, ensuite seule Voyager 2 a été dirigée vers Uranus qu'elle survolera le 24 janvier, puis poursuivra sa route pour rencontrer Neptune le 24 août 1989.

pondait en rien à celle d'une comète.

Quelques mois plus tard, il devint clair qu'Herschel avait débusqué une planète lointaine. Paradoxe : Uranus avait déjà été observé à 19 reprises, sans que personne ne se doutât de sa véritable nature, les précurseurs d'Herschel l'ayant depuis des siècles pris pour une étoile. Cela explique que, dans la constellation du Taureau, sur les cartes du ciel, on ne trouve aucun intermédiaire entre 33 Tauri et 35

pas le poids", pesant beaucoup moins que Mercure qui déjà n'est pas bien gros. Comme pour la compléter, trois autres se laissèrent voir à côté d'elle : Pallas, découverte en 1802, Juno, en 1804, et Vesta, en 1807. Bientôt on discerna toute une cohorte de petits corps qui barrait le système solaire à cet endroit. Planète avortée ou planète fragmentée. Plusieurs milliers d'astéroïdes, dont la masse totale est à peine deux fois celle de Cérès seule, se regroupent à cet endroit. On avait ainsi découvert la ceinture d'astéroïdes qui occupe la position de la planète prévue par les calculs entre Mars et Jupiter.

L'extérieur du système solaire réserva d'autres surprises : le mouvement d'Uranus était anormal et la planète ne se trouvait jamais à l'endroit théoriquement prévu. Les astronomes avaient les plus grandes peines du monde à accorder leurs observations avec ses positions calculées. De toute évidence, un corps inconnu gênait ses évolutions. C'est alors que, séparément, l'Anglais John Couch Adams, en 1843, et le Français Urbain Jean Joseph Le Verrier en 1846, calculèrent la position et la masse de ce corps. Le calcul d'Adams ne suscita que peu d'échos : ses collègues le jugèrent trop jeune pour se permettre de telles prophéties. Prétextant que leurs cartes n'étaient pas à jour, ils n'eurent même pas la curiosité de regarder dans la direction du Verseau où, d'après Adams, la nouvelle planète aurait dû se trouver.

Le Verrier, lui, eut plus de chance. Dès que Johann Gottfried Galle reçut sa lettre à l'observatoire de Berlin, le 23 septembre 1846, il pointa son télescope dans la direction indiquée et découvrit une nouvelle planète à moins de 1° de l'emplacement assigné par les calculs. On la nomma Neptune. Et, comme Uranus, elle se révéla troublée dans ses mouvements. Les astronomes recommandèrent alors à chercher une planète dont

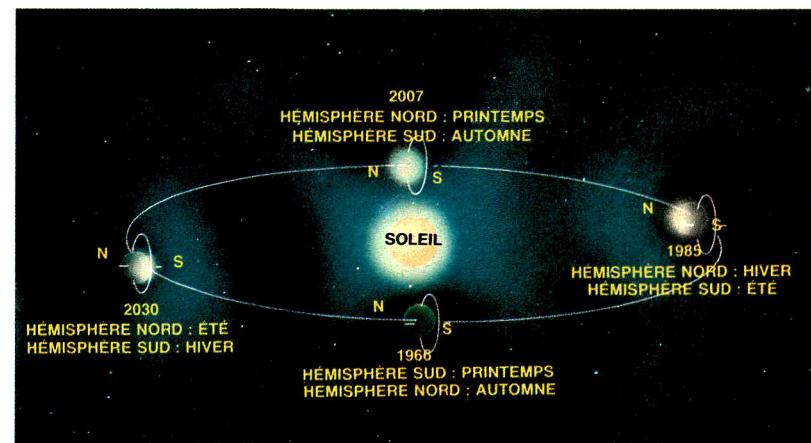
l'attraction gravitationnelle rendit compte des aberrations observées. C'eût été la neuvième ; elle se fit attendre.

**A**partir de 1905, une recherche photographique systématique fut entreprise dans les observatoires de Lowell, en Arizona, et du mont Wilson, en Californie. Enfin le 18 février 1930, un nouveau venu à l'astronomie, Clyde William Tombaugh, après avoir examiné plusieurs centaines de plaques photographiques prises avec une lunette à grand champ toute neuve, découvrit un petit objet de la magnitude 15 : Pluton. Le système solaire apparut dès lors dans la configuration que nous lui connaissons aujourd'hui.

Pluton déçut les rêveurs : en 1978, des études spectroscopiques montrèrent que sa surface était au moins partiellement re-

couverte de méthane gelé. La glace, en réfléchissant la lumière, le rendait brillant, ce dont on n'avait jamais tenu compte. Connaissant le pouvoir réflecteur, ou albedo, et la distance de Pluton, on en a calculé à nouveau le diamètre : il est compris entre 2 000 à 2 700 km, donc inférieur à celui de la Lune (3 476 km). En 1978, on s'aperçut que cet astrelet était escorté d'un compagnon distant d'environ 17 000 km, ce qui est peu. En étudiant les évolutions des deux, on calcula leurs masses : elles étaient bien trop faibles pour pouvoir exercer la moindre influence sur leurs voisins. Les perturbations d'Uranus et de Neptune doivent donc avoir une autre cause. On a donc cherché, mais jusqu'ici en vain, une 10<sup>e</sup> planète.

Si l'on ne cherche plus vraiment d'autres planètes, on leur cherche cependant, depuis 1977, des anneaux. Seul Saturne pas-



## 1 ANNÉE D'URANUS = 84 DE NOS ANNÉES

Pointant tantôt son pôle nord, tantôt son pôle sud vers le Soleil, la planète Uranus tourne en 84 ans autour du Soleil (par contre, on ignore toujours le temps qu'elle met pour accomplir un tour complet sur elle-même). Le fait qu'elle soit complètement couchée sur son orbite a bien sûr des répercussions sur ses saisons qui durent chacune 21 ans. Un drôle de climat doit régner sur cette planète lointaine...

sait pour en avoir. Mais sachant qu'Uranus devait passer, le 10 mars 1977, devant une étoile relativement brillante, immatriculée SAO 158687 dans la constellation de la Lyre, l'astronome James Elliot décida de l'occasion pour reprendre ses mesures. En chronométrant le temps pendant lequel l'étoile s'éclipserait derrière la planète, il déterminerait précisément le diamètre de celle-ci.

Au cours d'une occultation stellaire de ce genre, on peut

également assister à un véritable coucher de l'étoile sur l'horizon de la planète et obtenir des renseignements précis sur son atmosphère. En effet, lorsque l'étoile "s'approche" de la haute atmosphère, ses rayons sont réfractés et son éclat baisse progressivement. Suivant la manière dont l'astre s'éteint, on arrive à

connaître la température de l'atmosphère planétaire en fonction de l'altitude. L'occultation stellaire est donc une méthode fréquemment utilisée pour analyser les planètes lointaines.

Reste qu'une planète a une chance quasiment nulle d'occulter une étoile de première grandeur, comme Sirius

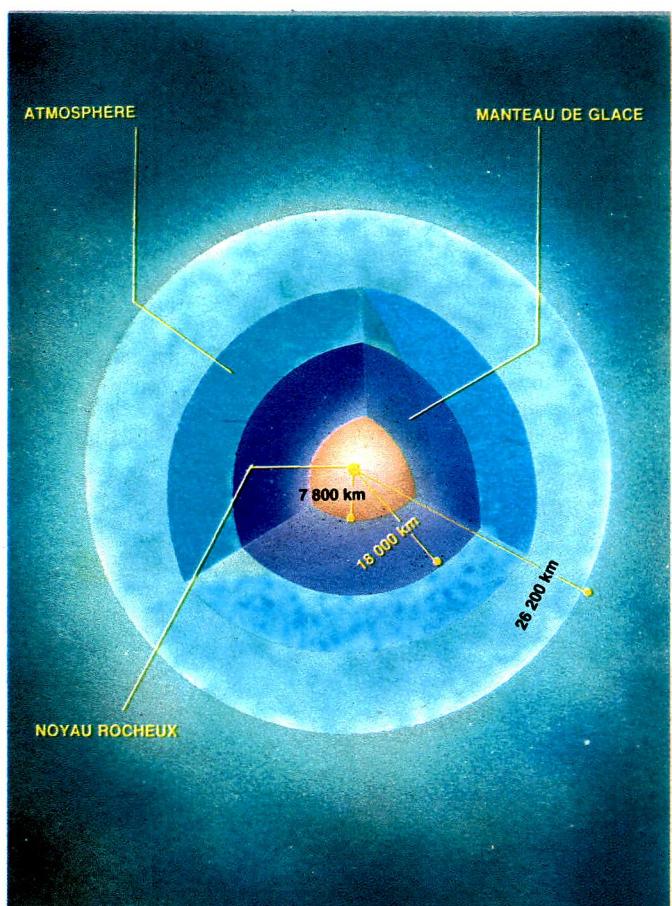
appareils ; ce n'était pas le cas. Puis, quatre minutes plus tard, l'étoile s'éteignait à nouveau. Elliot soupçonna cette fois la météo de lui jouer des tours : mais le ciel était limpide. Sept autres occultations, très brèves, suivirent. Enfin l'étoile disparut derrière la planète pendant quelques dizaines de minutes. Lorsqu'elle réapparut, elle subit neuf nouvelles extinctions rapides. Le phénomène s'était produit de manière symétrique de part et d'autre de la planète. Elliot put annoncer qu'Uranus avait des anneaux.

Deux ans plus tard, également en mars (le 5), la sonde *Voyager 1* découvrait les anneaux de Jupiter. Du coup, on chercha par occultations stellaires ceux de Neptune. Après quelques essais infructueux, André Brahic, de l'observatoire de Meudon, finit par découvrir sur des enregistrements de 1984-85 quelque chose qui s'en approchait. Les anneaux étaient sans doute fragmentaires, mais c'étaient des anneaux.

On admet actuellement qu'à l'instar d'Uranus toutes les planètes géantes du système solaire possèdent de telles formations. Uranus servit à sa manière de précurseur. Précurseur bien mystérieux ! Même aux plus grands télescopes, pas un détail ne transparaît à sa surface, finalement inférieure à celle de la tache rouge de Jupiter. La fiche signalétique reste mince : un diamètre de 52 290 km, supérieur à celui de Neptune, inférieur à celui de Saturne et, comme les autres planètes géantes, une teneur à 99 % d'hydrogène et d'hélium. Des études spectroscopiques ont révélé la présence de méthane sur son corps, ce qui peut expliquer sa coloration verte.

ou Vega, au cours de son mouvement sur la voûte céleste. Même des occultations d'étoiles moyennes sont suffisamment rares pour que les astronomes s'y préparent longtemps à l'avance.

Ce 10 mars-là, Elliot nota donc avec stupéfaction que l'étoile SAO 158687 s'était éteinte 40 minutes plus tôt que prévu. Événement d'autant plus étrange que l'étoile n'avait disparu que quelques secondes. Elliot crut d'abord à une défaillance de ses



## URANUS : UN CŒUR CHAUD DANS UN MANTEAU DE GLACE

Des pressions colossales règnent au cœur des planètes géantes. Le comportement de la matière à ces hautes pressions est mal connu. Cela n'empêche pas les astronomes d'essayer de constituer des modèles de la structure interne d'Uranus. En partant du centre, on trouve probablement un noyau rocheux chaud, solide ou liquide, composé pour l'essentiel de fer et de silicate ; sa masse représente 65 % de la totalité d'Uranus, soit 9,5 fois celle de la Terre. Puis un manteau de glaces d'eau, de méthane et d'ammoniac (24 % de la masse totale de la planète). Enfin une épaisse enveloppe gazeuse d'hydrogène et d'hélium, mélangés à un peu de méthane qui est peut-être solide à la base (11 % de la masse totale). C'est le méthane qui lui donne cette teinte verte.

le titre de planète), sont petites, très denses, faites pour l'essentiel de roches et de métal avec une faible atmosphère tout autour. Les planètes extérieures, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, sont au contraire géantes mais de faible densité avec un petit noyau solide enfoui sous des masses de gaz comprimés.

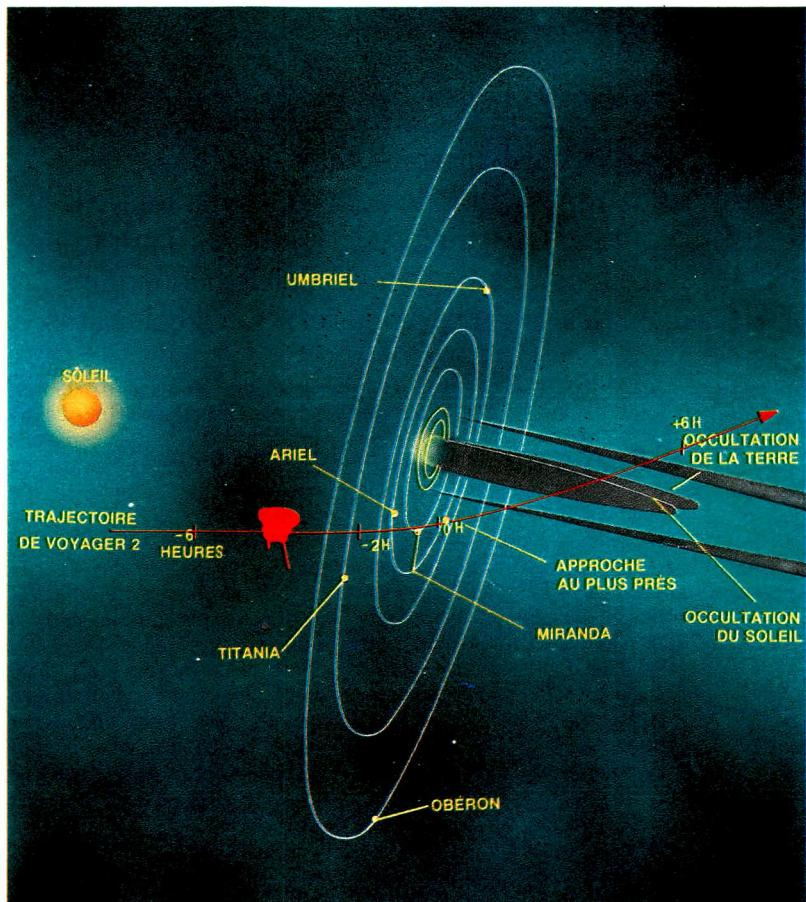
Les planètes extérieures, cependant, se divisent à leur tour en deux sous-groupes, Jupiter et Saturne d'une part, Uranus et Neptune de l'autre. Car, par certains côtés, Uranus ressemble beaucoup à son voisin le dieu des océans ! Tous deux, en effet, sont relativement légers. Uranus n'est que 15 fois plus massif que la Terre ; Neptune 17 fois. Dans l'autre sous-groupe, Jupiter et Saturne sont des colosses qui pèsent respectivement 318 et 95 fois plus que la Terre. Uranus et Neptune possèdent en outre des atmosphères semblables. Leurs structures internes devraient également se ressembler. A la différence près que Neptune a une chaleur intérieure qui fait défaut du moins en apparence, à Uranus. Bien que le premier soit une fois et demie plus éloigné du Soleil que le second, ils ont la même température en surface. Leurs atmosphères à tous deux font 50° Kelvin (- 223° C). Or, Neptune ne reçoit pas assez de lumière du Soleil pour rayonner autant. Donc, il doit dégager sa propre chaleur. On ne sait en tout cas pas très bien ce qui le rend si radieux. Peut-être que, tout simplement, il ne s'est pas refroidi depuis sa naissance, alors que son collègue, vieilli plus vite, est aujourd'hui complètement glacé dans ses entrailles.

Tels des aruspices romains, les astronomes ont essayé de sonder les entrailles d'Uranus. A partir du peu de données dont ils disposaient, ils ont bâti des modèles de sa structure interne. La température au centre d'Uranus serait de l'ordre de 7 000° C et la pression centrale, d'environ vingt millions de fois la pression atmosphérique ter-

reste. Bien que l'on ignore comment se comporte la matière à de telles pressions, on imagine que le cœur de la planète est un noyau rocheux chaud, solide ou liquide, composé pour l'essentiel de silicate et de fer. Un manteau composé de glaces d'eau, d'ammoniac, de méthane le recouvre. Une enveloppe gazeuse

d'hydrogène et d'hélium enrobe le tout formant une atmosphère épaisse, 4 fois plus massive que celle de la Terre et peut-être solide à la base. C'est uniquement cette dernière couche qu'on voit de la Terre.

Un bruit radio sourd des profondeurs, dont l'intensité augmente depuis 1966. L'atmos-



### 12 HEURES D'OBSERVATION RAPPROCHÉE

Le 24 janvier 1986, Voyager 2 survolera Uranus. La rencontre, que l'on espère fructueuse, durera quelque 12 heures. La sonde suivra la trajectoire représentée en rouge et se servira de l'éclairage du Soleil pour mieux voir par les jeux d'ombre et de lumière le nombre exact des anneaux, leur structure fine et des détails à la surface de la planète.

phère d'Uranus laisse sans doute passer plus facilement ce bruit au fur et à mesure qu'elle devient transparente. Les occultations stellaires indiquent en effet une structure en pelure d'ognon, dont les couches s'éclairciraient avec les saisons. Idée séduisante, qui n'a pas encore pu être confirmée par des observations.

Uranus possède un système régulier de cinq satellites qui tournent dans son plan équatorial, tous, eux, dans le sens

(suite du texte page 158)

# LES GALAXIES ROUGES



## ARCHIFÉCONDES PRODUCTRICES

**D'ETOILES**, qui contiennent des émetteurs électromagnétiques généralement très puissants, elles se distinguent par une production anormale d'infrarouge. Visibles seulement des satellites spécialement équipés, elles fascinent les astrophysiciens et les cosmologistes.

**L**a galaxie M 82 était considérée comme un monstre. Au lieu d'émettre autant de lumière dans le bleu que dans le rouge comme les autres, elle déchargeait le maximum de son énergie dans l'infrarouge : elle était quatre fois plus lumineuse dans ce domaine du spectre que dans les autres. Anomalie exceptionnelle, dont on trouva bientôt la cause : M 82, pleine de poussières, abrite des étoiles très jeunes. Les poussières absorbent le rayonnement ultraviolet émis par les astres nouveau-nés et réémettent dans l'infrarouge l'énergie absorbée.

A la fin des années 1960, Franck J. Low a découvert un petit groupe de galaxies qui se distinguaient aussi par une émission excessive d'infrarouge, de rayons X et radio en quantité importante. Singularité également explicable : ces galaxies avaient enfanté un grand nombre d'étoiles au cours des dix derniers millions d'années, et les plus massives d'entre elles étaient déjà en train de mourir, lâchant des bouffées X et radio.

M 82 dominait la petite communauté, détenant le record absolu de luminosité infrarouge. On crut un moment qu'elle était

elle-même en train d'exploser, car on surprit une fuite d'hydrogène dans ses régions centrales ; du gaz s'échappait de son noyau à la vitesse de 1 000 km/sec.

*IRAS* (Infrared Astronomy Satellite) fut le premier (et du reste le seul) satellite spécialement construit pour détecter les émissions infrarouge. Placé sur orbite le 25 janvier 1983, il ne percevait que l'infrarouge lointain. Mais cela lui permit quand même de découvrir des galaxies jusqu'à cent fois plus lumineuses dans l'infrarouge que dans le bleu.

Parallèlement, et de manière complètement indépendante, des chercheurs d'Arecibo (Porto-Rico) découvraient le premier maser extragalactique. Jusque-là, on ne connaissait que les masers — objets célestes d'un type particulier, émetteurs de rayonnements électromagnétiques — de notre Galaxie.

L'existence du phénomène avait été plus ou moins prévue par Einstein au début du siècle. La mécanique quantique venait de montrer que l'énergie interne des atomes et des molécules ne peut pas prendre n'importe quelle valeur, mais adopte seulement des valeurs discrètes bien

déterminées : on parle de niveaux d'énergie ou d'états excités. Un atome, en redescendant d'un état excité, à un niveau d'excitation moindre se décharge de son trop-plein d'énergie en libérant un photon dont l'énergie est égale à la différence d'énergie entre les deux niveaux, et émet donc un rayonnement électromagnétique. Inversement, un atome ou une molécule dans un niveau d'énergie bas, soumis à un rayonnement de longueur d'onde appropriée, peut grimper à un niveau plus élevé rien qu'en absorbant un photon de ce rayonnement.

Einstein, lui, a démontré l'existence de l'émission stimulée, qui est le phénomène contraire de cette absorption : l'atome ou la molécule déjà au niveau supérieur, soumis à un rayonnement déterminé, redescend automatiquement au niveau inférieur, en libérant un photon qui vient s'ajouter à celui du rayonnement incident. Dans un milieu où il y a plus d'atomes ou de molécules dans le niveau supérieur que dans le niveau inférieur — c'est-à-dire lorsqu'il y a ce qu'on appelle une inversion de population — ce phénomène prévaut sur l'absorption : le milieu se comporte alors comme un amplificateur et émet une raie spectrale très intense (**voir dessin**).

En 1954, en s'inspirant des travaux théoriques d'Einstein, Charles Townes et ses collaborateurs inventaient le maser, instrument qui amplifie très précisément certaines fréquences d'ondes courtes (le laser est l'équivalent optique de ce système). Dix ans plus tard, Harold Weaver découvrait des régions galactiques dans lesquelles certaines raies spectrales étaient fortement émises. Les caractéristiques de ces émissions amplifiées rappelaient celles des masers de laboratoire, ces objets célestes furent appelés masers cosmiques.

Plusieurs molécules interstellaires sont susceptibles de constituer des masers : les molécules d'eau ( $H_2O$ ), qui donnent

une raie très intense à 1,3 cm de longueur d'onde, d'hydroxyle (OH), dont l'émission est de 18 cm, le monoxyde de silicium (SiO), l'alcool méthylique (CH<sub>3</sub>OH) et bien d'autres.

Il existe aussi plusieurs manières de pomper un maser, c'est-à-dire de porter la majorité des atomes ou des molécules à un état d'énergie supérieur : en les excitant par des collisions multiples avec d'autres atomes ou molécules ou en les soumettant à un rayonnement infrarouge proche ou lointain.

Les masers qu'on avait jusque-là repérés dans le ciel se trouvaient en général dans les nuages interstellaires froids, à proximité de régions de gaz ionisés chauds. L'endroit exact d'où sortait le maser n'était pas perceptible dans le visible ; c'était probablement le point le plus dense et le plus sombre du nuage interstellaire. On a même pensé que le phénomène signalaient les protoétoiles, c'est-à-dire des nuages moléculaires en train de s'effondrer sur eux-mêmes pour donner naissance à une étoile. Il semble que ce ne soit pas exactement le cas. Les masers sont simplement des parcelles de matière interstellaire où le pompage est favorisé, soit par un rayonnement infrarouge, soit par la compression, soit encore par une agitation violente, soit enfin par les trois à la fois. Or, ces trois facteurs sont réunis au moment de la naissance des étoiles.

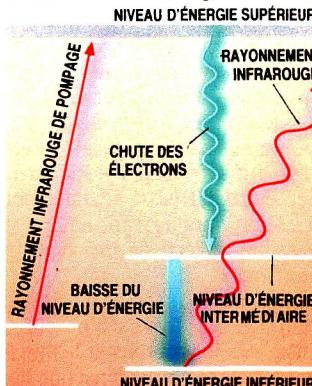
Toutefois les masers qu'on avait observés dans notre Galaxie, quelle que fût leur origine, n'étaient jamais assez intenses pour être détectables au-delà de quelques kiloparsecs (1 kiloparsec = 1 000 parsecs = 3 260 années-lumière). Or, le maser découvert par l'équipe d'Arecibo se trouve dans la galaxie Arp 220, bien au-delà de notre Voie lactée (elle n'a que 30 kiloparsecs de diamètre). Les 4 raies de la molécule OH — à 18 cm de longueur d'onde — observées dans Arp 220 ont des rapports d'intensité inabituels : la raie principale, à 1 667 MHz, est trois

fois plus intense que celle à 1 665 MHz et les deux raies satellites à 1 612 et 1 720 MHz font pâle figure à côté d'elle. Cette raie à 1 667 MHz est amplifiée, portée à son paroxysme par un mégamaser.

Cette découverte a mis la communauté des radioastronomes en émoi. Au sein d'un échantillon de 240 galaxies, une équipe de Green Bank et d'Arecibo a finit par découvrir 2 nouveaux mégamasers : les galaxies NGC 3690 et Mrk 231.

Dans la fièvre de la recherche, personne n'avait tenu compte du fait que Arp 220 était une source intense de rayonnement infrarouge. C'était pourtant essentiel : le pompage du mégamaser devait être assuré par ce rayonnement. Seule une équipe française a fait le rapprochement. Aussi, lorsqu'elle a entrepris les recherches en mai 1985, elle ne s'est intéressée qu'aux galaxies repérées par *IRAS*, et qui sont beaucoup plus lumineuses dans l'infrarouge que dans le bleu. En analysant un échantillon de 43 d'entre elles seulement, notre équipe a déjà découvert un nouveau mégamaser OH : Mrk 273.

Puis, en regardant cette galaxie plus en détail, l'équipe française a également remarqué qu'elle présente une raie d'absorption, à 21 cm, extrêmement large. Cet étalement, lié à l'effet Doppler (1), traduisait une agitation absolument anormale du gaz. Les différences de vitesse entre deux de ses points pouvaient atteindre jusqu'à 1 650 km/sec. La galaxie était



(1) L'effet Doppler déporte les raies spectrales d'un gaz lorsque celui-ci est en mouvement ; si le gaz se rapproche, les raies sont décalées vers le bleu ; s'il s'éloigne,

comme ballonnée et secouée par les gaz.

Forte de cette découverte, l'équipe française a décidé de sélectionner ses échantillons encore différemment : parmi les galaxies "vues" par *IRAS*, elle ne choisirait que celles qu'on ne trouvait dans aucun catalogue.

La méthode a porté ses fruits. En procédant de la sorte, L. Botinelli, M. Dennefeld, L. Gouguenheim, A.M. Le Squereb, J.M. Martin et G. Paturel ont découvert deux nouveaux mégamasers, caractérisés tous les deux par une raie à 21 cm, très large. L'un d'eux est le plus puissant connu à ce jour, avec une luminosité à 1 667 MHz égale à 1 200 fois celle du Soleil : le second est plus modeste, c'est le premier cas de mégamaser d'intensité intermédiaire.

Emissions infrarouges intenses, agitation fébrile, mégamaser, tout porte à croire que ces galaxies sont particulièrement fécondes. Si l'on se fie aux calculs, elle devraient, plusieurs fois par an, donner naissance à des étoiles brillantes qui brasseraient le gaz autour d'elles. Emmitouflés dans la poussière dense, ces astres nouveau-nés resteraient totalement invisibles ; ces cocons poussiéreux absorberaient leurs émissions ultra-violettes. Les fuites incessantes d'infrarouge indiqueraient seulement que l'énergie s'évacue. Ces émissions infrarouges exciteraient les atomes des gaz aux alentours, créeraient une inversion de population et, par là-même, le mégamaser.

On connaissait déjà les galaxies paresseuses, bleues et compactes, qui ne produisent des étoiles que par crises. Entre deux "couvées", elles se mettent en veilleuses, puis, se réveillant en sursaut, "pondent" des milliers d'étoiles resplendissantes comme pour rattraper le temps perdu (*Science & Vie*, juillet 1985). Voici maintenant les galaxies infrarouges dont le ventre rougi par des naissances répétées, est distendu par un mégamaser...

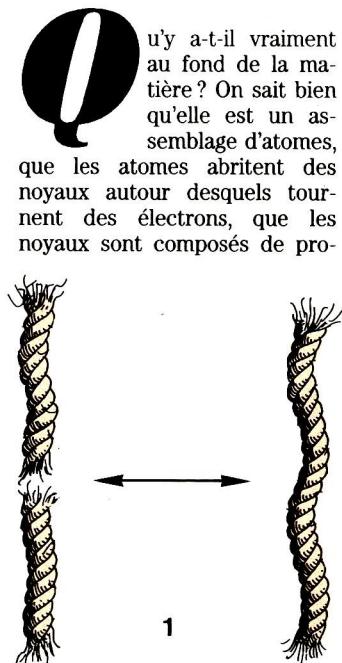
# LES PHYSICIENS DÉ

**DEPUIS UN SIECLE, CHAQUE GENERATION**

**DE THEORICIENS REINVENTE**

les fondements de la matière. L'hypothèse nouvelle des "cordes" nous rapproche-t-elle de l'explication ultime, unique et complète, de l'Univers ?

*Dans la théorie des cordes, celles-ci représentent des particules et leurs points de contact figurent les interactions entre ces particules. "Ouvertes", les cordes sont associées aux "fermions", particules de matière ; leurs extrémités "portent" les caractéristiques de ces particules (charge, spin, etc.), et peuvent fusionner si ces caractéristiques sont compatibles (1).*



tons et de neutrons liés par des forces immenses, et qu'à la base de cette organisation se trouvent plusieurs familles de corpuscules. On qualifiait ces particules d'"élémentaires", ou encore de "fondamentales", à l'époque pas tellement lointaine où l'on pensait avoir atteint, avec elles, l'ultime expression de la réalité physique, le saint des saints de la matière.

Mais la théorie des quarks a introduit la notion de sous-particules, et personne aujourd'hui n'ose plus parler de particules "élémentaires". Car nous n'avons pas vraiment sondé les tréfonds de la nature, et les physiciens pensent généralement

qu'au-delà des corpuscules déjà recensés doit exister le constituant ultime de tout être vivant et de chaque corps inerte. Il reste à découvrir ce quelque chose, ce matériau de base infinitésimal, à l'extrême limite du réel, qui porte le secret de l'architecture universelle.

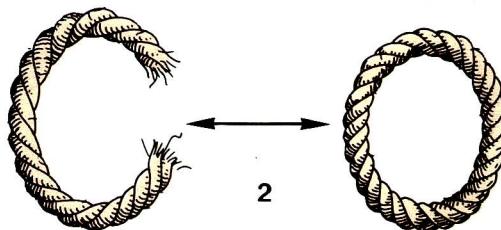
Il reste aussi à inventer la théorie unique qui expliquerait tous les mouvements, toutes les formes d'interaction de la matière, en d'autres termes à unifier les différentes forces qui

agissent sur les particules.

On connaît aujourd'hui 4 types de forces ou d'interactions. Deux, dites forces de "champ", nous sont directement familières puisque nous percevons leurs effets à tout moment : la force de gravitation, qui s'exerce entre les masses, et la force électromagnétique, dans laquelle interviennent les charges électriques. Les deux autres se manifestent dans un monde qui nous est invisible, à l'échelle des noyaux atomiques et de leurs corpuscules. Ce sont, d'une part, l'interaction forte, qui attire entre eux les protons et les neutrons dans le noyau, ainsi que les quarks au sein des protons et

des neutrons ; d'autre part, la force faible, qu'on retrouve dans la radioactivité bêta avec son émission d'électrons. Elles sont dites de "liaison" ou de "cohésion".

Ces quatres forces sont d'intensités et de portées fort diverses. Les forces forte et faible ont un "rayon d'action" très court, et la première, comme son nom l'indique, est bien plus puissante que la seconde. Les deux forces de champ ont des portées infinies, mais la gravitation possède une intensité beaucoup plus faible que l'électromagnétisme et que les deux forces de liaison. C'est pourquoi elle ne joue virtuellement aucun rôle au niveau des particules, qui ne sont donc soumises qu'aux trois autres forces. Par contre, c'est la gravitation, appelée encore attraction universelle, qui domine à l'échelle cosmique, là où sont



rassemblées d'énormes masses, comme dans les étoiles et les planètes.

Les différentes théories rendent bien compte des actions séparées de toutes ces forces, ainsi que de la nature des différentes particules connues, mais aucune n'a encore réussi à embrasser dans une même explication globale, exhaustive, la totalité des phénomènes. Et pourtant, cette explication *doit* exister, pensent les physiciens. L'hypothèse (largement admise, et corroborée par plusieurs observations) du *big bang*, l'explosion initiale qui aurait été le signal de départ de l'Univers, l'amorce de son évolution, va

# OUVRENT LA FICELLE

complètement dans le sens d'une origine commune à toute la matière et à toutes les forces qui agissent sur celle-ci.

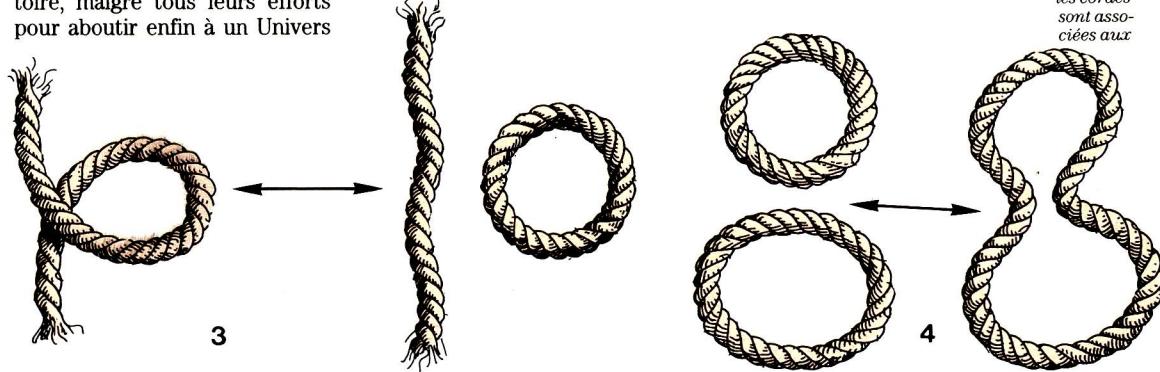
Mais pour parvenir à unifier ces 4 forces et les théories qui les décrivent, il faudrait être capable de réconcilier les deux principes qui gouvernent le monde physique : la relativité d'Einstein et la mécanique quantique. Ces deux super-théories pratiquent la coexistence pacifique mais ne sont jamais parvenues à s'entendre : elles se partagent notre conception du monde, régnant chacune sur leur domaine, mais les physiciens n'ont jamais réussi à les faire cohabiter sur un même territoire, malgré tous leurs efforts pour aboutir enfin à un Univers

forces dans une même vision, une "théorie du Grand Tout", offrant une seule explication pour l'ensemble des phénomènes de la nature, du *big bang* aux galaxies, du courant électrique à l'énergie nucléaire, des trous noirs à la radioactivité.

D'ores et déjà, elle semble avoir accompli ce miracle : réconcilier la relativité et la mécanique quantique. La "corde" pourrait être ce fil, pareil à celui d'Ariane, qui nous permettra de remonter jusqu'à la création de l'Univers, de pénétrer dans l'infiniment petit où l'espace et le temps s'embrouillent dans un terrible chaos, de mettre en évi-

mentaire, dont tout le reste déroulerait. Mais comment prétendre ramener à une force unique les quatre forces que nous venons de décrire, aux propriétés tellement dissemblables ? En fait, il ne s'agit aucunement de les fusionner, de les confondre en un seul tout, mais de bâtir une théorie capable de les harmoniser en leur découvrant une structure, une origine communes. En effet, toujours en accord avec l'hypothèse du *big bang*, il y aurait eu initialement une seule force, celle qui a présidé à la naissance de l'Univers, et qui se serait "divisée" au fur et à mesure que celui-ci se refroidissait et s'étendait. Une théorie

"Fermées",  
les cordes  
sont asso-  
ciées aux



cohérent obéissant à un unique principe unificateur. Pourtant, cette réconciliation-miracle est peut-être en vue... grâce à la théorie des "particules-cordes".

L'ultime constituant de la matière a toujours été conçu comme un point sans dimension. Et voilà que certains physiciens s'avisent de le présenter, nous allons le voir, sous la forme d'une... ficelle — *string* en anglais —, que leurs homologues français ont traduit par "corde". La toute jeune théorie des cordes, donc, propose de bouleverser l'édifice de nos idées en physique en réalisant l'ambition suprême de la science : réunir toute la matière et toutes les

dimensions étranges dans lesquelles évoluent peut-être des mondes parallèles.

Bref, on vient d'entrebailler une porte sur une nouvelle description de l'Univers. L'exploration qui commence ne concerne qu'un territoire encore vierge des mathématiques et de la physique la plus abstraite. Aucune preuve expérimentale n'est en vue, ni même, pour l'instant, imaginable. Pourtant, la théorie des cordes galvanise déjà le monde des physiciens.

Pour une théorie unificatrice, l'idéal serait bien sûr de n'avoir affaire qu'à une seule particule, authentiquement fondamentale celle-là, et à une seule force élé-

mentaire qui se respecte doit donc pouvoir non seulement décrire cet "ancêtre" commun aux différentes forces, mais expliquer comment s'est produite cette différenciation en plusieurs forces distinctes.

Tout remonte à l'avènement de la physique moderne, c'est-à-dire aux deux révolutions qui l'ont fondée au début du siècle : la relativité et la mécanique quantique. Toutes les tentatives d'unification des 4 forces se heurtent à l'impossibilité d'accorder ces deux descriptions, également "vraies" mais inconciliaires, de l'Univers.

Le XIX<sup>e</sup> siècle ne savait presque rien de l'atome et ne recon-

"gravitons",  
particules  
"virtuelles"  
de la gravi-  
tation  
Le fait  
qu'une corde  
peut être  
ouverte ou  
fermée (2)  
permet de  
représenter  
un "fermion"  
qui émet  
un  
graviton (3)  
et vice  
versa ;  
également,  
deux  
gravitons  
peuvent se  
transformer  
en un  
seul (4)

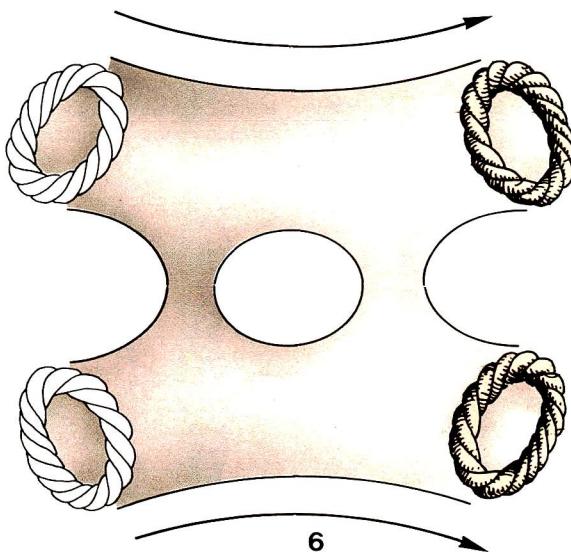
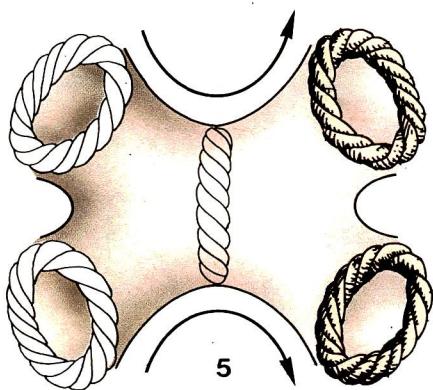
naissait dans la nature que deux forces, la gravitation décrite par Newton et l'électromagnétisme théorisé par Maxwell. En 1905, Einstein énonce le principe de la relativité restreinte : il démontre que l'espace géométrique dans ses trois dimensions, le temps, ne sont pas des grandeurs absolues et indépendantes, mais forment un espace-temps à quatre dimensions où temps et distance peuvent se dilater et se contracter. Il établit aussi que la matière peut se transformer en énergie, et inversement, que l'énergie peut engendrer la matière. Dès lors, il faut revoir toutes les anciennes conceptions sous le jour de la relativité.

Einstein, en 1916, s'attaque donc aux lois de Newton pour créer une nouvelle théorie de la gravitation : la relativité générale, description géométrique

et des particules ; elle établit que, à l'échelle subatomique, la matière possède une nature double : elle est à la fois particule et onde. A l'inverse, les ondes présentent aussi un aspect corpusculaire. L'électron, de même que le rayonnement lumineux, par exemple, peut être considéré tantôt comme onde, tantôt comme particule. Cette dualité n'est pas sans poser quelques problèmes d'interprétation philosophique, mais elle est incontestable : le côté corpusculaire de la lumière est exploité, entre autres, dans les cellules photoélectriques, tandis que son as-

n'obéit plus au déterminisme classique : elle rejette l'image de particules se déplaçant sur des trajectoires bien tracées et connues d'avance. Impossible de prédire avec certitude que telle particule de telle énergie se trouve à tel endroit. On connaît seulement le nombre de chances pour qu'un électron d'un atome, par exemple, se trouve localisé dans certaines régions de l'espace autour du noyau.

Toutes ces règles ne s'appliquent évidemment pas à notre échelle de grandeur ; elles jouent de manière importante uniquement pour des valeurs d'énergie



où l'ancienne "force gravitationnelle" devient une déformation de l'espace-temps ; celui-ci cesse d'être le décor passif dans lequel agissent les phénomènes, mais prend lui-même une part active aux événements gravitationnels.

La révolution quantique des années 20 et 30 a secoué la science aussi durement que l'avait fait la physique relativiste. Dans la relativité, ce sont l'espace, le temps, les masses et les forces qui sont remis en cause ; pour la mécanique quantique, c'est la "matérialité" de la matière, et avec elle le déterminisme même de la physique, qui change de sens. Cette théorie concerne le monde des noyaux

pect ondulatoire s'exprime dans les interférences optiques.

La physique quantique a établi un autre fait surprenant : l'énergie des particules, du noyau atomique, etc. est "quantifiée". Cela signifie que les transferts d'énergie entre matière et rayonnement ne s'effectuent pas selon des valeurs continues, mais font intervenir des quantités fines d'énergie, ces fameux grains d'énergie appelés *quanta*. D'autres caractéristiques importantes des particules sont elles aussi quantifiées, susceptibles de prendre seulement certaines valeurs bien déterminées.

Enfin, la physique quantique est fondée sur les probabilités et

très infimes, voisines de  $6,6252 \cdot 10^{-34}$  joule/seconde, qui représente la constante de Planck. Mais pour les physiciens, la mécanique quantique a bouleversé l'image de l'Univers microscopique.

Comme la relativité restreinte, la quantique est plus qu'une théorie : un système de référence d'où nulle représentation de la réalité physique ne peut désormais s'échapper, une "loïcadre" à laquelle aucun raisonnement mathématique sur la structure de la matière ne peut plus se dérober. Tout le problème est d'obéir en même temps à l'une et à l'autre : on a le plus grand mal à reposer sur ces

deux piliers à la fois. La gravitation d'Einstein, irrécusable, est, quoi qu'en fasse, relativiste et non quantique. Impossible, par ailleurs, de ne pas passer par la physique quantique pour comprendre les trois autres forces (électromagnétique, forte, faible), celles qui agissent sur les particules.

Le premier travail d'unification, partielle, a consisté à développer à partir de la relativité restreinte, et en parallèle avec les principes quantiques, des théories "mixtes" qui rendent compte de ces trois forces sous une forme cohérente. Un défi énorme, qui fut relevé au début des années 70 seulement.

On a donc commencé, pour ainsi dire, à "relativiser" la physique quantique sur son propre terrain. Reste le plus difficile : "quantifier" la relativité générale sur le sien, qui est la gravitation. C'est à cette condition que les quatre forces fondamentales de la nature se rejoindront enfin. Malheureusement, en dépit d'efforts en plusieurs directions, les tentatives pour "quantifier" la gravitation ont toujours échoué. C'est ici que l'étrange théorie des cordes ouvre peut-être des perspectives inespérées...

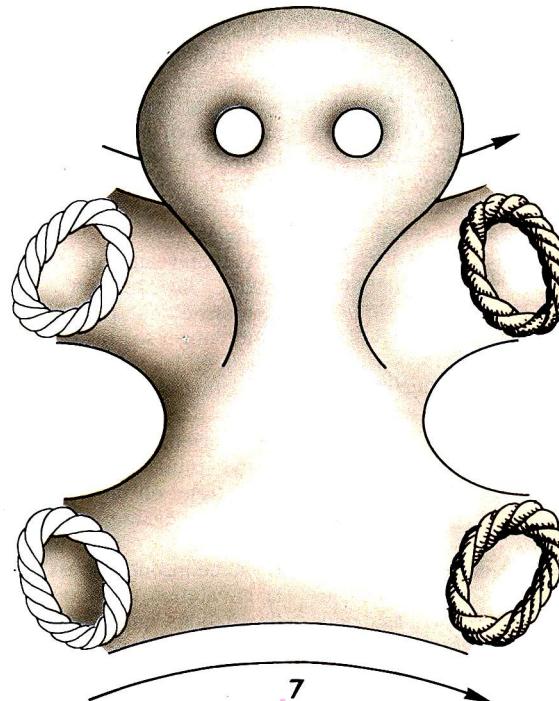
Mais voyons d'abord où en est aujourd'hui l'unification des trois autres forces de l'Univers, puisque la gravitation persiste à faire bande à part. Elle est bien amorcée pour deux d'entre elles, les interactions faible et électromagnétique, qui sont déjà décrites dans une même théorie, dite "electrofaible", fruit réussi du mariage entre relativité restreinte et physique quantique. Le deuxième produit de cette union est la théorie de la force forte, ou théorie chromodynamique quantique. Ces deux théories représentent l'état le plus avancé de nos connaissances sur le monde des particules et leurs trois types d'interactions. L'une et l'autre appartiennent à la catégorie des "théories de jauge", ce qui signifie qu'elles ont pour principe fondateur la symétrie (1).

Après ce double succès, les

physiciens ont naturellement cherché à bâtir sur le même modèle une théorie plus générale, dite de "grande unification", englobant cette fois les trois interactions (électromagnétique, faible et forte) dans un même ensemble d'énoncés. Mais les résultats ne sont pas entièrement satisfaisants ; les calculs révèlent des aberrations qu'on n'est pas encore arrivé à résorber, malgré les procédés

jours rêvé d'une théorie unique de l'Univers, voulut y incorporer l'électromagnétisme (les interactions faible et forte n'existaient pas encore). Il rechercha cette unité tout au long de sa vie. Mais les principes quantiques (auxquels il avait d'ailleurs contribué) étaient incontournables, et la relativité générale se révéla absolument rebelle à la quantification. Einstein, enclin par philosophie au détermi-

**En étudiant toutes les surfaces possibles**  
comprises entre deux cordes-gravitons transitant d'un état à un autre, les physiciens obtiennent, entre autres, ces trois cas (5, 6, 7). Le dernier, le plus spectaculaire, a été baptisé E.T., par référence à l'Extra-terrestre du même nom.



mathématiques les plus sophistiqués. La "grande unification" n'a pas reçu non plus, jusqu'ici, de preuves expérimentales.

Pendant, ce temps, le quatrième type de force, la gravitation, et la théorie dont elle est l'objet, la relativité générale, sont demeurés dans un splendide isolement. Peu de choses ont changé depuis 1916, lorsque Einstein publia son célèbre mémoire aux conclusions révolutionnaires et passablement mal comprises. La relativité générale n'a jamais été sévèrement concurrencée, ni vraiment contestée, ni intégrée à un autre système existant. Dès l'origine, son génial auteur, qui avait tou-

nisme, n'était guère disposé aux interprétations "dualistes", "probabilistes" et aux principes d'incertitude de la mécanique quantique, auxquels sa propre création, au demeurant, refusait d'adhérer.

Le grand défi de la physique moderne reste donc l'union de la mécanique quantique et de la relativité générale. Si ces deux théories sont vraies, elles sont nécessairement conciliables. Comment imaginer deux vérités dans l'Univers qui ne puissent s'accorder ? Il suffit de trouver le lien, la base commune. Or, qu'obtient-on si l'on tente d'"aménager" la relativité générale pour la rendre quan-

tique ? Toutes sortes d'absurdités mathématiques, comme par exemple des probabilités infinies — par définition, une probabilité est toujours comprise entre zéro et un. Tous les efforts pour escamoter ces anomalies, par la méthode ditre de "renormalisation" par exemple (2), sont ici inopérants.

Il existe cependant d'autres moyens d'exorciser des résultats aberrants ; certaines théories, appelées supersymétriques, associent entre elles les particules de matière (fermions) et les particules vecteurs de force (bosons) (**encadré p. 28**). Si à chaque fermion on adjoint un boson, les probabilités infinies de l'un s'annulent avec celles de l'autre, son "partenaire" supersymétrique. On a donc imaginé des théories de "supergravité" fondées sur la relativité générale et la supersymétrie, mais en vain : les probabilités infinies, chassées par la porte, reviennent par la fenêtre. Les supersymétries, pas plus que la grande unification, ne sont encore au point.

D'où vient cette allergie mutuelle de la relativité générale et de la physique quantique ? La gravitation est une force si faible qu'à l'échelle des particules, on l'a dit, elle ne compte absolument pas ; elle se manifeste dans le domaine cosmique uniquement. Au contraire, les phénomènes quantiques ne sont chez eux que dans le milieu microscopique. Il semblerait alors que les deux théories n'ont rien à faire ensemble, qu'elles n'ont pas de point de rencontre possible, puisqu'elles habitent des contrées tout à fait opposées. Or, il n'en est rien, car leurs terrains se rejoignent dans cette région lointaine et singulière de l'infiniment petit où les phénomènes ne ressemblent à plus rien de connu.

C'est Max Planck, le père de la physique quantique, qui très tôt s'est intéressé à ce monde de l'infiniment petit où la gravitation retrouve la mécanique quantique. Il a combiné les trois constantes universelles, maîtresses de toute la physique,

c'est-à-dire la vitesse de la lumière, qui lie l'espace et le temps ; la constante de la gravitation universelle, qui mesure l'attraction gravitationnelle ; et la constante de Planck, qui gouverne le monde quantique des particules et porte le nom de son découvreur. La combinaison de ces trois grandeurs donne d'une manière unique une longueur, un temps et une masse dits "de Planck", qui jouent nécessairement un rôle fondamental puisqu'elles sont construites à partir de constantes universelles. La masse est extraordinairement lourde, le temps inconcevablement court, la longueur extrêmement petite ( $10^{-35}$  m, soit dix milliards de milliards de fois inférieure au diamètre du simple proton).

A ce niveau, qui échappe à toute investigation expérimentale et où seule la théorie peut plonger son regard, la gravitation et les effets quantiques coexistent et sont même inséparables — tout comme à l'origine de l'Univers, lors du *big bang*, quand toute la matière était condensée en une masse (= énergie) gigantesque, rassemblée dans un espace infime. Ce royaume insondable est celui de la gravitation quantique, et les fluctuations quantiques y exercent une action fondamentale, perturbant complètement l'espace-temps, le transformant en un bouillonnement incohérent (alors qu'il apparaît lisse et plat à des échelles supérieures), faisant surgir instantanément des trous noirs virtuels qui violent les lois essentielles de la physique.

Dans ce chaos absolu engendré par l'agitation quantique, impossible de calculer quoi que ce soit en se basant sur la relativité générale. A ces faibles dimensions, l'espace-temps est trop bouleversé et les dimensions trop faibles pour se soumettre aux mesures qui découlent de sa théorie. La relativité générale décrit très bien le comportement gravitationnel de l'espace-temps dans des domaines supérieurs à  $10^{-35}$  m,

mais à cette échelle, elle est impuissante devant l'anarchie quantique. D'où ces incohérences et les probabilités infinies qui apparaissent dans les calculs.

C'est ici que la théorie des cordes pourrait sauver une situation dont les physiciens parviennent mal à se débêtrer. Toutes les autres théories fondamentales voient les particules élémentaires comme des points sans dimension, condition de leur cohérence : ces particules ont le droit de posséder une masse, une charge, quantité d'autres caractéristiques, mais d'étendue, point. Or, dès qu'on a l'idée de particules en forme de cordes, et pour peu qu'on les fasse interagir en respectant les règles quantiques et relativistes, l'unification des forces faible, électromagnétique et forte semble aller de soi, et la gravitation paraît y trouver sa place tout naturellement. Du même coup, on est libéré des infinis, des anomalies et de toutes les absurdités de calcul qui jusqu'ici ont empoisonné les essais de théories unifiées.

L'origine des cordes remonte à quinze ans. Elles ont apparu, providentiellement, à l'esprit des physiciens, alors qu'ils s'acharnaient à bâtir une théorie de l'interaction forte sur le modèle de la théorie quantique de l'électromagnétisme. Mais pour cela, la théorie doit concerner des particules "ponctuelles", considérées comme dépourvues de dimensions. Or, pour l'interaction forte, les calculs visaient une classe de particules appelées "hadrons" (du grec *hadros*, fort), en particulier le neutron et le proton. Aujourd'hui on sait que les hadrons sont des objets composés et que leurs constituants sont des quarks (**encadré p. 28**) ; mais le quark était encore inconnu à l'époque. Et les chercheurs tenaient bien un germe de théorie mais, à cause de cela, ne parvenaient pas à le développer. Dépités, ils explorent à tâtons quelques voies théoriques parallèles. Le physicien Yoshiro Nambu constate alors un fait étonnant :

(2) Méthode qui avait "marché" pour la théorie électrofaible, bien qu'elle se fût d'abord heurtée, elle aussi, à des anomalies.

l'une de ces constructions mathématiques équivaut à une théorie dans laquelle les interactions interviennent non plus entre des corps ponctuels, mais entre des objets filiformes — des sortes de cordelettes.

Dans ce modèle, le hadron se découvre soudain une forme de ficelle, de corde. La façon dont se combinent plusieurs cordes décrit très bien comment les hadrons réagissent ensemble. Ainsi, deux cordes peuvent se joindre bout à bout. Une corde peut également être coupée en deux : ce sont les extrémités qui "portent" les propriétés quantiques de la particule, telles que son moment cinétique, ou son "spin", qui est la grandeur quantique associée à sa rotation. Car une corde, quand elle emmagasine de l'énergie, peut bien sûr tournoyer sur elle-même. Ou vibrer, comme une corde de violon. Les hadrons que nous connaissons correspondent à des cordes au repos, mais pour chacun pourrait exister toute une série d'états excités de haute énergie : les différentes harmoniques de la corde vibrante pourraient représenter des hadrons de masse beaucoup plus élevée.

En se développant, la théorie des cordes a révélé ses richesses étonnantes. Dans ses versions du début, elle était incapable de décrire les fermions, ou particules de matière. Elle pouvait représenter seulement la classe opposée de particules, les bosons (photons, mésons, par exemple), intermédiaires des interactions entre fermions. Le physicien français Joël Scherk s'est arrangé pour surmonter cette difficulté en appariant chaque fermion à un boson — le principe de base, précisément, des théories de supersymétrie, qui prenaient leur essor au même moment.

La théorie des cordes produit des résultats qui coïncident remarquablement avec ceux d'autres théories. Lorsque deux cordes sans vibration se touchent, elles échangent les propriétés quantiques localisées

à leurs extrémités ; la théorie des cordes montre que cette interaction équivaut à l'échange d'un boson de masse nulle et de spin 1. Or, justement, toutes les théories de jauge définissent les interactions de la même façon, pour le photon, par exemple, dans le cas de l'électromagnétisme. Ce résultat a été établi tout à fait indépendamment, sans "copier sur les autres", et très naturellement par la théorie des cordes.

Et si une même corde joint elle-même ses deux bouts pour former une boucle ? Surprise ! il se trouve qu'elle possède alors

supersymétrie, les théories de jauge et la gravitation. Malgré cela, elle fut par la suite largement délaissée comme théorie des hadrons, car on avait entre-temps découvert que les hadrons étaient composés de quarks, et les quarks donnèrent alors lieu à l'élaboration de leur propre théorie, la chromodynamique. Néanmoins, de rares théoriciens, dont Joël Scherk et l'Américain John Schwartz, présentant dans la théorie des cordes quelque chose de vraiment "transcendant", ont continué dans cette voie. Mais en

## AVANT LES CORDES : 3 THÉORIES POUR 4 FORCES

FORCES	GRAVITATION	FORCE ÉLECTROMAGNÉTIQUE	FORCE FAIBLE	FORCE FORTE
CARACTÉRISTIQUES DES FORCES	• EXTRÉMEMENT FAIBLE • PORTÉE INFIME	• PORTÉE INFIME	• VIOLE LA PARITÉ • PORTÉE TRÈS COURTE	• LA PLUS FORTE • PORTÉE TRÈS COURTE
PARTICULES INTERMÉDIAIRES DES FORCES (BOSONS)	GRAVITON (EXISTENCE SUPPOSÉE)	PHOTON	3 BOSONS (W <sup>+</sup> , W <sup>-</sup> , Z <sup>0</sup> )	8 GLUONS
PARTICULES DE MATIÈRE (FERMIIONS) CONCERNÉES PAR LES FORCES	TOUTES	PARTICULES ÉLECTRIQUEMENT CHARGÉES	CERTAINS QUARKS ET LEPTONS	LES QUARKS
THÉORIES EN VIGUEUR AUJOURD'HUI	RELATIVITÉ GÉNÉRALE	ÉLECTRODYNAMIQUE QUANTIQUE	CHROMODYNAMIQUE QUANTIQUE	THÉORIE ÉLECTROFAIBLE
TENTATIVES DE THÉORIES UNIFICATRICES			THÉORIE DE GRANDE UNIFICATION (À L'ÉTUDE), ASSOCIANT QUARKS ET LEPTONS	THÉORIES DE SUPERSYMMÉTRIE (À L'ÉTUDE), ASSOCIANT FERMIONS ET BOSONS

## CORDES

Aujourd'hui, trois théories sont admises pour décrire les quatre forces qui règnent sur notre Univers. Les tentatives de plus grande unification (théories de grande unification et de supersymétrie) rencontrent de graves difficultés et n'ont pas encore reçu de confirmations expérimentales. La toute récente théorie des cordes (développée dans cet article), en partant de prémisses tout à fait différentes — des interactions entre petites ficelles figurant les particules — et en obéissant aux règles relativistes et quantiques, retrouve miraculeusement des résultats essentiels de presque toutes les théories actuelles (flèches) sans rencontrer les mêmes obstacles. La gravitation et les trois autres forces s'y trouvent tout naturellement unies.

donnant la forme de corde à des particules plus "élémentaires" que les hadrons : les quarks et les leptons.

Le bon sens dira : si les particules sont des cordes, comment ne l'a-t-on pas vu plus tôt ? Parce que, répondent les "cor-

## LES DOUZE PARTICULES ÉLÉMENTAIRES

Les particules "élémentaires" constituant la matière sont au nombre de 12. On les répartit en deux familles, les quarks et les leptons. Aujourd'hui on prend la précaution de mettre le qualificatif élémentaire entre guillemets et on n'utilise plus guère "fondamental". Les physiciens sont échaudés, ils ont trop souvent pensé avoir atteint l'ultime composant de la matière, pour s'apercevoir ensuite qu'il était composé de particules encore plus petites.

**Les quarks** sont les constituants des hadrons (du grec *hadros*, lourd), dont les plus courants sont le proton et le neutron qui composent le noyau des atomes. Il existe 6 quarks différents, mais 2 d'entre eux seulement suffisent à former le neutron et le proton. Les quarks sont soumis à l'interaction forte. Chacun de ces 6 quarks peut exister sous trois formes différentes appelées "couleurs", d'où le nom de chromodynamique donnée à la théorie des interactions fortes entre quarks.

**Les leptons** (du grec *leptos*, léger, fragile) ne sont pas soumis à l'interaction forte. Les deux plus communs et plus abondants dans la nature sont l'électron et le neutrino.

**A côté de ces particules matérielles** qu'on a regroupées sous le terme de fermions, existent, d'après la théorie quantique, des particules qui ne constituent pas la matière mais sont associées aux forces qu'elles servent à véhiculer. On les appelle les bosons. Chaque force possède sa ou ses particules intermédiaires, sorte de messager rapide comme l'éclair communiquant l'interaction entre les particules de matière.

La particule intermédiaire de la force électromagnétique est le photon. Celles associées à la force faible sont les bosons  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$ . Les particules transportant l'interaction forte entre les quarks sont les gluons. Seule la particule associée à la gravitation n'a pas été mise en évidence, car cette force "à part" n'obéit pas à la loi quantique. Mais si cette union tant espérée se réalise, si l'on parvient à bâtir une théorie de la gravitation quantique, alors on trouvera peut-être l'hypothétique graviton.

distes", les particules que nous connaissons sont des cordes au repos, qui ne vibrent pas, et qu'à l'état de basse énergie où elles se trouvent, elles apparaissent si petites qu'on les assimile tout naturellement à des points. Erreur de perspective, donc. Les particules ne mesurerait pas plus de  $10^{-35}$  m, la longueur de Planck, car nous sommes ici à l'échelle quantique, comme l'atteste la présence du graviton. Quant aux cordes qui vibrent, elles correspondraient à des particules de masse faramineuse; nous n'avons pas, et n'aurons sans doute jamais, accès à de

telles particules, car l'énergie nécessaire pour les fabriquer n'a été disponible, dans toute l'histoire de l'Univers, qu'au moment du *big bang*.

Pendant dix ans, la théorie des cordes est restée marginale, largement ignorée par la majorité des théoriciens, dont les efforts se concentraient avant tout sur des modèles de grande unification; plutôt qu'une théorie "miracle", elle semblait une collection de fiches-recettes dont les formules produisaient des résultats étonnantes mais sans qu'on sût très bien pourquoi. Une curiosité, mais pas l'explication suprême. En outre, dès qu'on s'attaquait à la substance mathématique, on achoppait sur les inévitables infinis et autres anomalies coutumières de ce genre de recherche. Jusqu'au jour où John Schwartz et un collègue anglais, Michael Green, annoncèrent s'être débarrassés des infinis et pouvoir triompher des anomalies.

Ces dernières se présentent comme de graves incohérences — probabilités négatives, par exemple —, dans lesquelles s'enlisent certaines théories d'unification; elles sont liées à une asymétrie fondamentale de la nature, plus spécifiquement de la force faible. L'expérience montre en effet que, des quatre forces maîtresses de l'Univers, seules les interactions faibles ne respectent pas la symétrie, par rapport au miroir. Cela signifie qu'elles s'exercent uniquement dans une direction et n'agissent pas pareillement sur les particules qui tournent dans le sens des aiguilles d'une montre et celles qui tournent en sens inverse. Cette partialité de la force faible entre la droite et la gauche, encore mal expliquée et dont elle a l'exclusivité dans la nature, est un fait d'expérience incontestable. Aucune théorie qui prétend décrire la force faible ne peut l'exclure. En fait, certaines ne parviennent jamais à l'assimiler, et les autres, celles qui intègrent cette violation de la parité universelle dans leur raisonnement, rencontrent imman-

quablement de sévères anomalies dans leurs calculs, qu'on essaie d'éliminer, comme les infinis, par des subterfuges.

Il y a un an, Schwartz et Green déclaraient avoir découvert, sur le principe des cordes, des théories quantiques et relativistes qui non seulement sont affranchies de la persécution des infinis mais, tout en incluant la violation de la symétrie du miroir, sont exemptes de toute anomalie. La perspective de pouvoir expulser définitivement de la théorie ces monstres chroniques qui resurgissaient dès qu'on les décapitait, impressionna beaucoup les physiciens. La théorie des cordes en a gagné un énorme prestige.

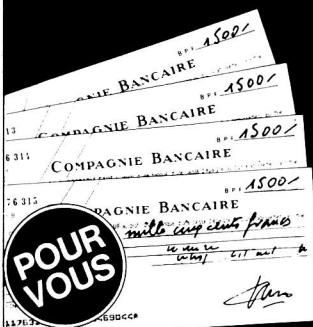
Petit inconvénient, cependant: elle ne pouvait exister que dans un espace à 26 dimensions s'agissant des cordes bosons, ou à 10 dimensions dans le cas des fermions supersymétriques. C'est beaucoup pour notre monde à quatre dimensions spatio-temporelles. Dommage, car tout le reste "cadrait" parfaitement. Mais les théoriciens ne se laissent pas dérouter pour si peu. Le problème d'un Univers outrageusement sur-dimensionné peut être résolu, tout bêtement en réduisant, pour les fermions, les 6 dimensions en excès à presque rien.

On a exhumé à cet effet les travaux plus que demi-centenaires d'un jeune physicien enthousiaste qui, s'inspirant de la relativité, pensait que notre Univers comporte en fait 5 dimensions, dont l'une passe inaperçue parce qu'elle est "enroulée" étroitement et "compactée" (cette 5<sup>e</sup> dimension recroquevillée ne serait autre que... la charge électrique!). Pareilles considérations éprouvent l'imagination du commun des mortels, mais ne déconcertent nullement les théoriciens.

Actuellement, cette théorie insolite des 5 dimensions a été abandonnée, mais on s'en inspire pour essayer de faire rentrer l'univers des cordes supersymétriques dans le monde expérimental.

(suite du texte page 154)

REVENUS TRIMESTRIELS... REVENUS TRIMESTRIELS... REVENUS TRIMESTRIELS...



# De bons revenus versés tous les trois mois sans dépenser votre capital...

... que vous pouvez, en outre, récupérer à tout moment

## 4 chèques par an

Un placement d'un bon rapport... et une fiscalité avantageuse

Prenons un exemple chiffré sur la base des taux actuels du marché obligataire, que nous supposons inchangés pendant 12 mois : si vous placez 50000 F en Cortal 1000, votre revenu annuel pourrait être, dans ces conditions, de l'ordre de 6000 F.

Et ce revenu élevé s'accompagne de deux avantages :

- un chèque tous les trois mois ;
- une fiscalité intéressante : si vous ne possédez pas par ailleurs d'obligation, vous ne paieriez que 260 F d'impôt.

Pour connaître le détail de ces calculs, et pour en savoir plus, retournez le coupon ci-contre.

CORTAL  
27, rue d'Orléans  
92523 Neuilly-sur-Seine Cedex  
(Reçoi sur rendez-vous)

**CORTAL**  
la garantie  
Compagnie Bancaire

CORTAL 1000, mais aussi Cortal Pierre, Ticket Cortal, Cortal Court Terme, Cortal-Immobilier, sont des placements proposés par Cortal, filiale de la Compagnie Bancaire, spécialisée dans l'épargne et la prévoyance. Le Groupe de la Compagnie Bancaire : UCB-CFEC, LOCABAIL, UFB, CETELEM, CARDIF, COFICA... ce sont 60 sociétés, 6800 collaborateurs, 3 millions de clients.

L'importance de ses opérations le situe parmi les 10 premiers établissements bancaires de France.

Quelques dates à retenir

**V**ous avez raison d'être prudent et de ne pas vouloir entamer votre capital. Mais pourquoi le laisser dormir alors que vous pourriez en tirer des revenus confortables et réguliers : un chèque tous les trois mois ?

C'est ce que vous procure CORTAL 1000 si vous placez 5000 F (ou plus) : des revenus élevés, analogues à ceux des obligations, et des avantages originaux :

1. Vous n'avez pas de risques à prendre ni de choix aventureux à faire : CORTAL 1000 est géré par des spécialistes du groupe de la Compagnie Bancaire. Ils s'occupent de votre placement pour lui assurer, en toutes circonstances, un rendement voisin de celui des obligations.

2. Vos revenus vous sont versés tous les trois mois.

3. Vous pouvez à tout moment par un simple coup de téléphone récupérer votre argent sans risquer de mauvaises surprises. La gestion de CORTAL 1000 permet d'atténuer les variations de capital que provoquent habituellement les mouvements de taux d'intérêt. CORTAL 1000 bénéficie des mêmes avantages fiscaux que les obligations : pas d'impôt sur les 5000 premiers francs de revenus et possibilité au-delà de se libérer de l'impôt au taux de 26%.

Enfin, vous bénéficiez du service CORTAL, dont les qualités, de l'avis même de nos clients, sont :

• **Commodité** : tout peut se faire par courrier ou par téléphone, pas besoin de se déplacer ;

• **Facilité** : avec CORTAL 1000, la souscription minimale est d'environ 5000 F, et ensuite vous pourrez même resouscrire par tranches de 1000 F ;

• **Clarté** : chaque trimestre, avec votre chèque, vous recevez le bulletin d'information CORTAL qui vous renseigne sur l'évolution de tous les placements CORTAL, y compris, bien sûr, CORTAL 1000.

Comment vous faire une opinion avant de vous décider ? C'est fort simple.

Demandez la documentation CORTAL 1000 en composant, de Paris comme de province, le 05.10.15.20 (votre appel est gratuit : la communication est à notre charge), ou en nous retournant le coupon-réponse. Par retour, vous recevrez toutes les informations sur CORTAL 1000 et vous jugerez vous-même.

## CORTAL 1000

CORTAL 1000 est un fonds commun de placement (loi du 13 juillet 1979) dont le gérant est Géronds et le dépositaire la Compagnie Bancaire, tous deux domiciliés au 5, avenue Kléber, 75116 PARIS, téléphone gratuit : 05.10.15.20 (Reçoi sur rendez-vous).

**ADRESSEZ-MOI le dossier gratuit**  
qui contient tous les renseignements sur  
CORTAL 1000 : sécurité, rentabilité,  
fiscalité avantageuse et disponibilité

sans aucun engagement

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

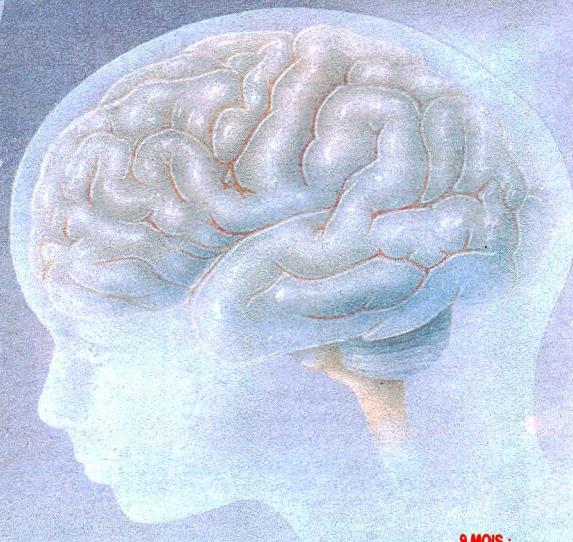
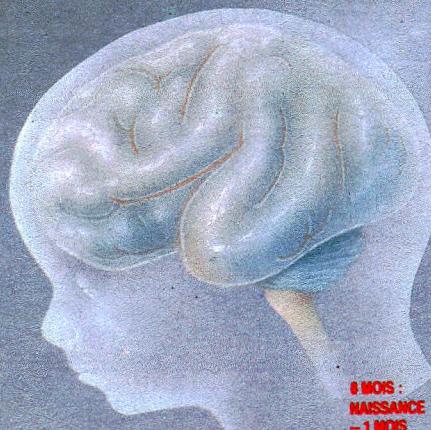
Tél. (dom.) \_\_\_\_\_ (bureau) \_\_\_\_\_

Renvoyez dès aujourd'hui ce bulletin sans l'affranchir à :  
**CORTAL, Libre réponse 60592**  
92529 Neuilly-sur-Seine Cedex, ouappelez, de Paris comme de Province, le 05.10.15.20 (votre appel est gratuit : la communication est à notre charge).

**CORTAL 1000**  
est un placement  
**CORTAL**

002 SCV

# CONTROVERSE



## LES TROIS PREMIÈRES ANNÉES DE LA VIE

### *LES TOUTES PREMIERES ANNÉES DE*

**LA VIE EXERCENT-ELLES** une influence déterminante sur la suite des événements ? Oui, répondent traditionnellement psychologues et psychanalystes. C'est probablement non, disent maintenant les biologistes du cerveau. A vous de juger.

**S**i vous avez regardé la série d'émissions sur le cerveau présentée récemment par *Antenne 2*, vous avez peut-être remarqué les "petites phrases" prononcées par quelques spécialistes sur la mémoire et le développement du cortex.

Neal Cohen, du Massachusetts

Institute of Technology, posait cette question : « Comment se fait-il que nous nous souvenons si peu de notre enfance, alors que c'est la période d'apprentissage par excellence ? » Il ajoutait : « Freud disait que les souvenirs sont refoulés. Mais il existe une autre possibilité : c'est que nous n'avons pas encore dé-

veloppé les parties du cerveau qui favorisent la mémoire. »

Pour Donald Hebb, l'un des plus grands théoriciens du cerveau et de la mémoire, et à sa suite pour la plupart des neurophysiologistes actuels, l'enregistrement des souvenirs exige une trace matérielle dans le cerveau, au niveau des interconnexions neuronales, c'est-à-dire au niveau des synapses. Or, disait dans cette émission Jean-Pierre Changeux, professeur au Collège de France, « l'essentiel des synapses du cortex se forme après la naissance, et jusque vers l'âge de 15 ans. Et il y a aussi des phases de pertes, de régressions synaptiques ». Si la mémoire a besoin des synapses, et si celles-

ci disparaissent et sont créées tour à tour pendant toute la durée du développement, comment s'assurer que les souvenirs de la petite enfance laissent une trace dans le cerveau ?

« Nous n'avons pas ou très peu de souvenirs d'avant l'âge de cinq ans », disait Donald Hebb lui-même au cours de l'émission. Autrement dit : l'essentiel des informations reçues pendant la petite enfance est perdu corps et biens, balayé par les bouleversements que connaît le cerveau pendant son développement.

La plupart des psychologues et des psychanalystes voient émerger cette thèse avec une certaine inquiétude. Comme l'écrivaient l'année dernière dans *La Recherche* deux psy-

chologues américains, cela voudrait dire que « les faits se déroulant lors des premiers mois de la vie seraient sans importance ». « Or, ajoutaient-ils, presque tous les spécialistes du développement de l'enfant (entre autres Freud et Piaget) affirment que les expériences précoces constituent les fondements du comportement ultérieur. » C'est donc les fondements mêmes de la psychanalyse et de la psychologie du vingtième siècle qui seraient menacés. Catastrophe !

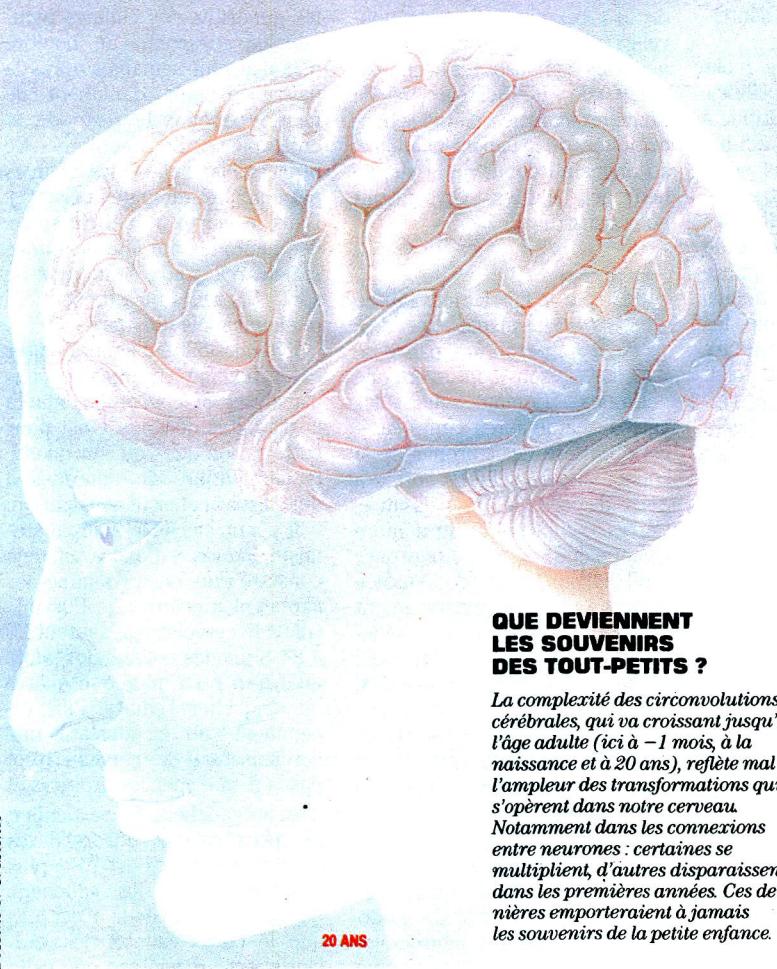
Voici quelques données du problème. Vous pouvez vous-même contribuer au débat, en répondant au questionnaire ci-joint (**voir p. 156**). Pour Freud, qui a élaboré sa théorie au début

du siècle, l'amnésie infantile est une fausse amnésie. Les souvenirs sont conservés quelque part, dans l'inconscient, et la psychanalyse peut faire resurgir les plus « importants » d'entre eux : « Les impressions reconstituées par la psychanalyse n'ont en réalité jamais été oubliées : elles sont seulement restées inaccessibles, latentes, refoulées dans la région de l'inconscient. » Ces souvenirs enfouis que la psychanalyse a pour tâche de faire resurgir peuvent être relativement tardifs ; ils peuvent se rapporter par exemple à des événements survenus pendant l'adolescence. Mais « dans la majorité des cas » écrit Freud, « le malade choisit lui-même une phase très précoce de la vie, sa première enfance et même, tout ridicule que cela puisse paraître, la période où il était encore un nourrisson » (¹).

Pour Piaget, dont l'œuvre continue de dominer la psychologie du développement, l'expérience des deux-trois premières années, joue aussi un rôle essentiel : « L'enfant élabore pendant les 18 premiers mois de la vie l'ensemble des substructures cognitives qui serviront de point de départ à ses constructions perceptives et intellectuelles ultérieures, ainsi qu'un certain nombre de réactions affectives élémentaires qui détermineront en partie son affectivité ultérieure » (²).

Ni Freud ni Piaget n'abordent la question de savoir si cette hypothèse de base coïncide avec ce que l'on sait des transformations physiologiques dont le cerveau de l'enfant est le théâtre jusqu'à la fin de l'adolescence. Il est vrai qu'à l'époque où ces deux penseurs ont échafaudé leurs théories on en savait moins qu'aujourd'hui. La microscopie électronique n'existe pas ! Mais ils auraient pu au moins poser la question de principe. Ils ne l'ont pas fait. Quoi qu'il en soit, faisons le point de ce que l'on sait aujourd'hui. Et de ce qu'on ignore.

Le poids du cerveau est multiplié par cinq entre la naissance



et l'âge de vingt ans. Cette croissance est extrêmement rapide dans les trois premières années, beaucoup plus lente par la suite. A six mois, le cerveau atteint la moitié de son poids adulte. A un an, les deux tiers. A trois ans, 80 %. A six ans, 90 %. A la puberté, 95 %. L'électroencéphalogramme varie également d'un âge à l'autre, en se rapprochant progressivement du modèle adulte, qui ne se stabilise qu'après la puberté.

Paradoxe : lorsque l'enfant naît, son cerveau contient déjà, semble-t-il, tous les neurones dont il aura besoin. Comment s'explique alors la spectaculaire croissance de ce cerveau ? C'est que l'immense majorité de ces neurones ne sont pas encore fonctionnels. Ce sont des embryons de neurones. Ils vont peu à peu croître, se ramifier, s'interconnecter.

A partir du dix-huitième mois, une autre catégorie de cellules, les cellules gliales, se multiplie à un train d'enfer. A l'âge adulte, elles seront dix fois plus nombreuses que les neurones, qui se comptent pourtant par dizaines de milliards. Quel est le rôle de ces cellules gliales ? On l'ignore encore largement. On sait depuis peu qu'elles sont, comme les neurones, capables de produire des neurotransmetteurs, d'en absorber, et de transmettre l'flux nerveux. Aucun doute : vers l'âge de deux ans, le cerveau connaît un bouleversement.

Pour les biologistes, il est évident qu'on ne peut pas faire abstraction de ces transforma-

tions physiologiques si l'on veut étudier sérieusement le développement intellectuel et psychique de l'enfant. On ne peut attendre de l'enfant qu'il développe telle ou telle faculté avant que le cortex ne rende son expression possible. Mais comment se font ces transformations ? Quelles sont les processus physiologiques qui les sous-tendent ?

L'un des acquis de ces dernières années est que la croissance des neurones se fait au prix de nombreux phénomènes régressifs, destructeurs.

Les conditions précises de la croissance des neurones est encore mal connue, mais une chose est sûre : elle ne se fait pas de manière linéaire. Il y a des régressions. Le grossissement des troncs (les axones), la multiplication des racines (les dendrites), l'établissement de nouvelles connexions entre neurones (les synapses) s'accompagnent de la destruction de branches axonales, d'épines dendritiques, de synapses et même, au moins au début de la vie, de neurones entiers. On détruit pour construire.

**E**n fait, le nouveau-né lui-même a déjà perdu une partie de son contingent de neurones. Comme chez les autres mammifères, une catégorie entière de neurones de la couche superficielle du cortex a déjà disparu à la naissance. Certes, compte tenu du nombre gigantesque de neurones (150 000 par mm<sup>2</sup> de surface corticale), il est extrêmement difficile de repérer un événement comme la mort d'un seul ou de quelques-uns d'entre eux. Mais on a pu le démontrer chez l'animal : 40 % des neurones moteurs de la moelle épinière du poulet, par exemple, disparaissent entre le 5<sup>e</sup> jour de vie embryonnaire et l'âge adulte. Quand le têtard devient grenouille, une famille entière de neurones de la moelle disparaît.

C'est ce que les neurobiologistes appellent l'"hécatombe

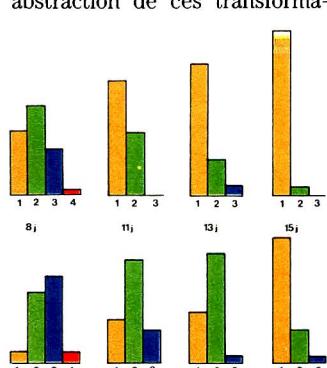
neuronale". Elle s'accompagne de la disparition d'un grand nombre de branches d'axones, d'épines dendritiques et plus encore de synapses.

Chez le jeune rat, par exemple, chaque fibre musculaire est activée par quatre ou cinq terminaisons nerveuses motrices ; or, elles disparaissent l'une après l'autre quand le rat apprend à marcher, et il n'en reste qu'une à l'âge adulte. De même, dans le cervelet du rat nouveau-né, chaque cellule dite de Purkinje reçoit l'flux de trois ou quatre neurones différents : à l'âge adulte, chaque cellule de Purkinje ne reçoit plus d'instructions que d'une seule autre cellule (*voir dessins pages 34-35*).

Dans le cortex du singe macaque, les épines qui couvrent les dendrites des cellules pyramidales atteignent un nombre maximal huit semaines après la naissance, puis diminuent de moitié pendant le reste de la croissance. Le nombre de branches axonales des cellules pyramidales diminue aussi<sup>(3)</sup>. Dans le cortex visuel du singe, des neurones qui à la naissance étaient reliés aux deux yeux ne sont plus reliés qu'à un seul œil quelques mois plus tard.

L'impossibilité d'expérimenter sur l'homme n'empêche pas d'analyser le cerveau d'enfants et d'adultes décédés. C'est pour cette raison que l'on sait qu'une famille entière de neurones a déjà disparu chez le nouveau-né.

Il y a un siècle, le neuroanatomiste Ramon y Cajal avait déjà constaté que, chez l'homme, les axones des cellules de Purkinje (dans le cervelet) présentent 20 à 24 branches collatérales, alors qu'il n'en reste plus que quatre ou cinq chez l'adulte. Plus récemment, on a constaté que l'organisation du cerveau n'est pas la même chez les droitiers et chez les gauchers. En particulier, le corps calleux qui relie les deux hémisphères est 10 % plus développé chez les gauchers. L'explication actuelle n'est pas que le corps calleux des gauchers a crû davantage que celui



**Connexions neuronales : il y a bien une régénération après la naissance. Chez le rat nouveau-né, le diagramme du haut montre le pourcentage de fibres musculaires recevant 1, 2, 3 ou 4 terminaisons neuromusculaires, à 8, 11, 13 et 15 jours après la naissance. Le diagramme du bas montre l'évolution de ce pourcentage chez un rat dont on a sectionné un tendon à la naissance. Cette opération paralytique pour le muscle ralentit l'élimination des terminaisons neuromusculaires.**

des droitiers, mais au contraire que les droitiers ont éliminé des terminaisons neuronales (branches axonales) que les gauchers ont conservées<sup>(4)</sup>. Certains biologistes pensent que le cerveau de l'homme perd continuellement des neurones entre la naissance et la mort. Tous sont convaincus qu'il en perd beaucoup à partir de 20-25 ans.

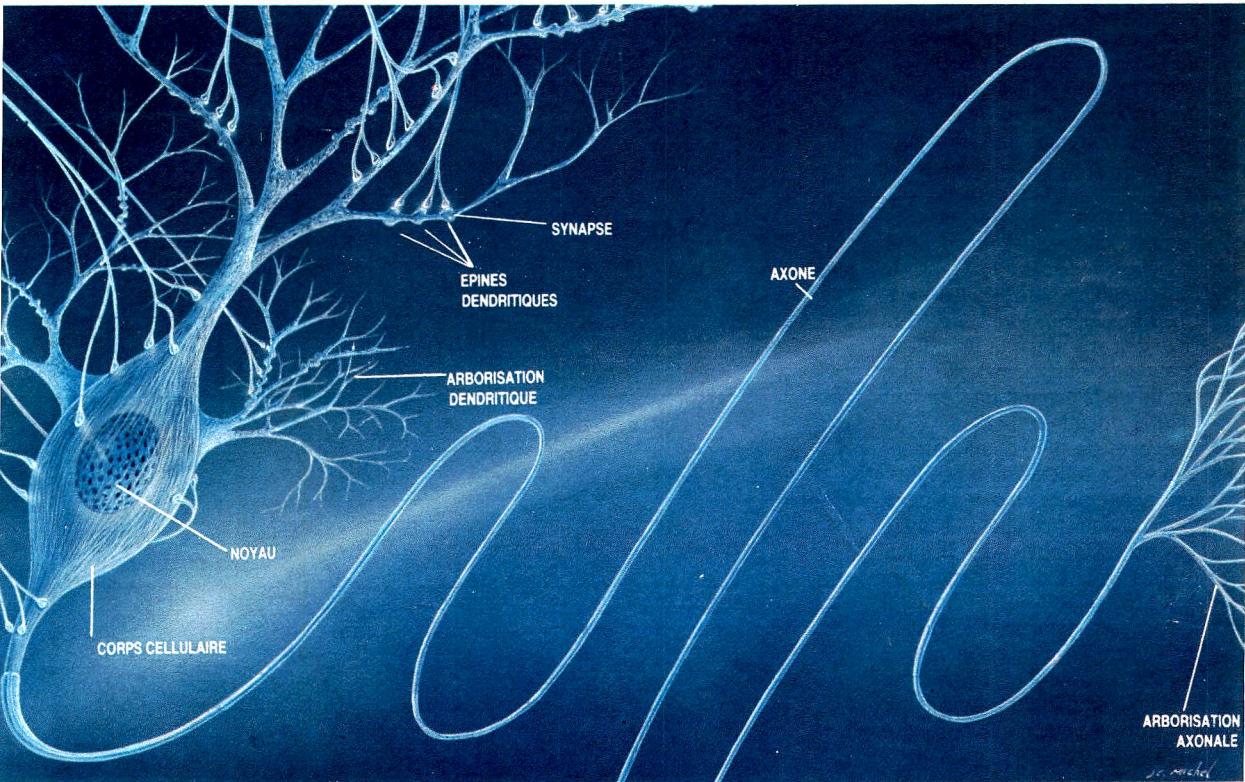
Il y a plus étonnant. Le

disparition de facultés correspond à la disparition des connexions neuronales correspondantes. Cela peut par ailleurs être rapproché de la suppression, chez le jeune enfant qui apprend à parler, de la faculté de prononcer toute la palette des "sons sauvages" qui caractérisent le babilage infantile.

L'élimination de neurones, de ramifications axonales, d'épines

dendritiques, de synapses joue un rôle essentiel dans la croissance du cerveau. Elle permet aux cellules survivantes de multiplier de nouvelles connexions. Plus tard, à l'âge adulte, l'élimination de neurones permet sans doute à ceux qui subsistent de mieux fonctionner. Pour assurer une efficacité maximale, le cerveau se débarrasse de ce qui l'encombre.

## GROS PLAN SUR UN NEURONE

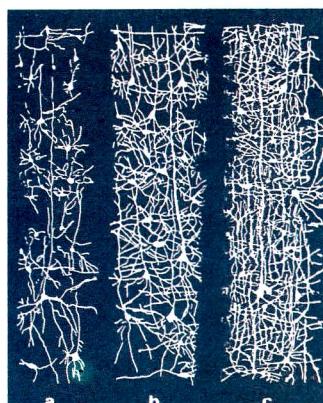


nombre d'épines dendritiques et de synapses diminue dans le cortex visuel de rats élevés dans l'obscurité mais augmente lorsqu'on les expose à la lumière. Le cycle annuel du chant du canari est rythmé par l'apparition de synapses nouvelles au printemps et leur abolition à l'automne<sup>(5)</sup>.

Au cours de son apprentissage, le moineau des marais perd progressivement la faculté de chanter les trois quarts des "syllabes" qu'il produisait étant jeune. Il ne fait aucun doute, pour les biologistes, que cette

*A partir du corps cellulaire d'un neurone, l'axone, plus ou moins long, véhicule l'flux nerveux vers d'autres neurones. La transmission de cet influx se fait aux jonctions entre neurones émetteur et récepteur, les synapses.*

*Le tronc de l'axone porte lui aussi des ramifications, qui n'apparaissent pas ici. Notre cerveau compte des dizaines de milliards de neurones. Leur nombre, leurs ramifications et leurs interconnexions se multiplient à un rythme maximal jusqu'à l'âge de trois ans, qui ralentit ensuite. C'est contre, l'arborisation dendritique dans une tranche de cortex visuel humain, à la naissance (a), à 6 mois (b) et à 1 an (c).*



Entre un mois et quinze mois, la plupart des enfants se mettent successivement à sourire devant un visage connu, puis à rire, puis à s'inquiéter devant un visage étranger, puis à s'asseoir, à se tenir debout, à trouver un objet caché, à dire leurs premiers mots, à pratiquer un jeu symbolique. Mais ces acquis successifs se font aux dépens de réflexes et de compétences qui disparaissent corps et biens. Certains réflexes n'ont lieu qu'une fois, comme celui du poussin qui brise sa coquille ; comme celui du fœtus avant l'accouchement.

D'autres ne subsistent qu'en temps limité. C'est le cas des réflexes "archaïques" du nouveau-né, qui disparaissent au cours des premiers mois ; par exemple, le réflexe d'agrippement, qui permet de soulever le bébé avec un doigt. C'est le cas des pleurs au retrait prématûr du biberon. Plus tard, vers l'âge d'un an, apparaît un réflexe beaucoup plus complexe : les pleurs de la séparation. L'enfant pleure quand la personne qui s'occupe de lui régulièrement s'en va. Ce réflexe, dont l'équivalent existe aussi chez les singes, disparaît normalement l'année suivante. On a vu que l'enfant perd la faculté de prononcer les "sons sauvages" du babilage ; il perd aussi la faculté de distinguer entre tous les phonèmes.

C'est pourquoi, à partir d'un certain stade du développement, l'enfant ne peut plus apprendre toutes les langues à la perfection. Pour les biologistes, il est probable, ou en tout cas vraisemblable, que les connexions neuronales qui autorisaient ces réflexes et ces compétences ont été profondément réaménagées, ou ont purement disparu.

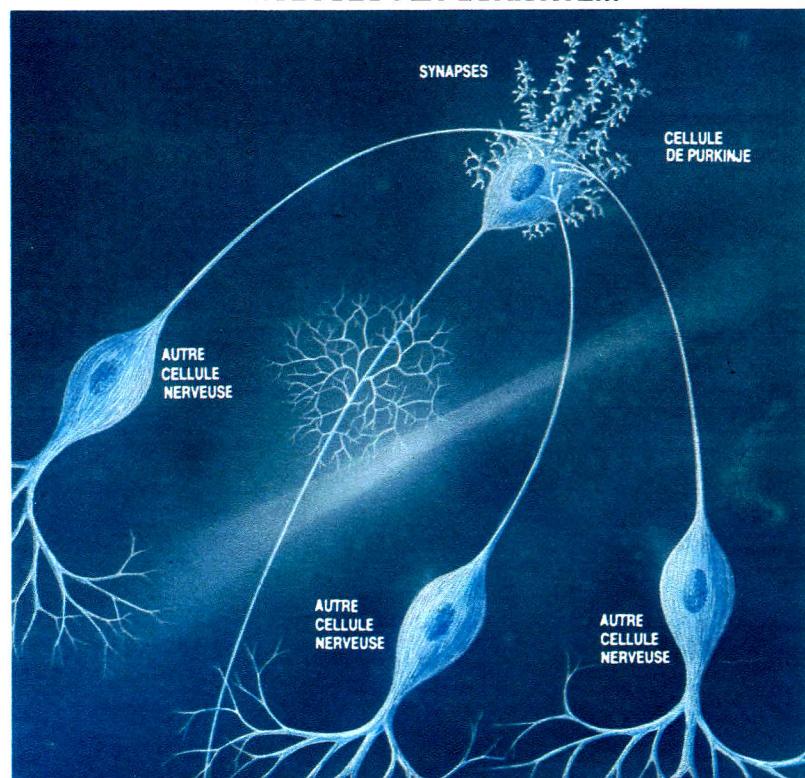
Attention ! Il faut bien voir que les nouveaux acquis de la biologie du cerveau ne fournissent pas la preuve définitive que le support physiologique d'une faculté aussi complexe que la mémoire connaît des régressions correspondant à la disparition des souvenirs. Même dans le cas du moineau des marais, on constate la disparition des syl-

labes apprises pendant l'enfance, mais on ne sait pas, du moins pas encore, retrouver la trace de cette disparition dans le cerveau. Réciproquement, l'étude anatomique du cerveau de personnes âgées permet de constater une réduction du nombre des synapses par rapport à des cerveaux plus jeunes, mais il n'existe aucun moyen expérimental d'établir un lien entre ces

l'enfant d'un an et que le cerveau de l'adolescent est très différent de celui de l'enfant de trois ans.

L'intérêt de l'approche biologique est surtout de jeter un doute sérieux sur l'hypothèse d'une continuité rigoureuse dans le développement du psychisme. Aux côtés des éléments qui plaident en faveur de la continuité, les psychologues ne peuvent plus négliger ceux qui plaident

## CONNEXIONS NERVEUSES : LA QUANTITÉ...



régressions synaptiques et, par exemple, un affaiblissement de la mémoire (ou au contraire un développement de facultés nouvelles).

Ce que l'on peut prouver, c'est que les phénomènes régressifs sont importants et qu'ils correspondent, dans certains cas, chez l'animal, au développement de certaines facultés élémentaires, comme la vision ou la motricité. Ce que l'on peut prouver aussi, c'est bien sûr que le cerveau de l'enfant de trois ans n'a plus grand-chose à voir avec celui de

Dans le cervelet du rat nouveau-né (dessin ci-dessus), chaque cellule de Purkinje (un type particulier de cellules nerveuses) fait synapses avec les terminaisons des axones d'au moins trois autres cellules nerveuses. Les cellules de Purkinje ont alors une arborisation dendritique peu développée.

Par contre, à l'âge adulte (dessin de droite), cette arborisation s'est beaucoup développée et établit un nombre considérablement plus important de synapses, mais avec les ramifications axonales d'une seule autre cellule nerveuse, les deux autres ayant disparu.

en faveur de la discontinuité.

Piaget pensait que le développement se fait par stades qui s'ajoutent les uns aux autres, en s'emboîtant. Les structures acquises dans un nouveau stade intègrent et conservent les structures des stades précédents. Par exemple, le réflexe d'agrippement du nouveau-né sera "intégré" dans la préhension volontaire de l'enfant de 18 mois.

dent de la croissance du cortex : la volonté et l'imitation.

De même, la naissance de l'intelligence au cours de cette première période ne peut pas être seulement expliquée par la succession des expériences sensori-motrices. Comment, sinon, expliquer que des enfants lourdement handicapés soient capables d'un développement intellectuel normal ? On ne peut

de cette mémoire à long terme autrement que comme une nouvelle conquête du cortex ? Comment expliquer, à l'inverse, la disparition définitive d'une foule d'informations qui ont, pourtant, été enregistrées dans le passé ?

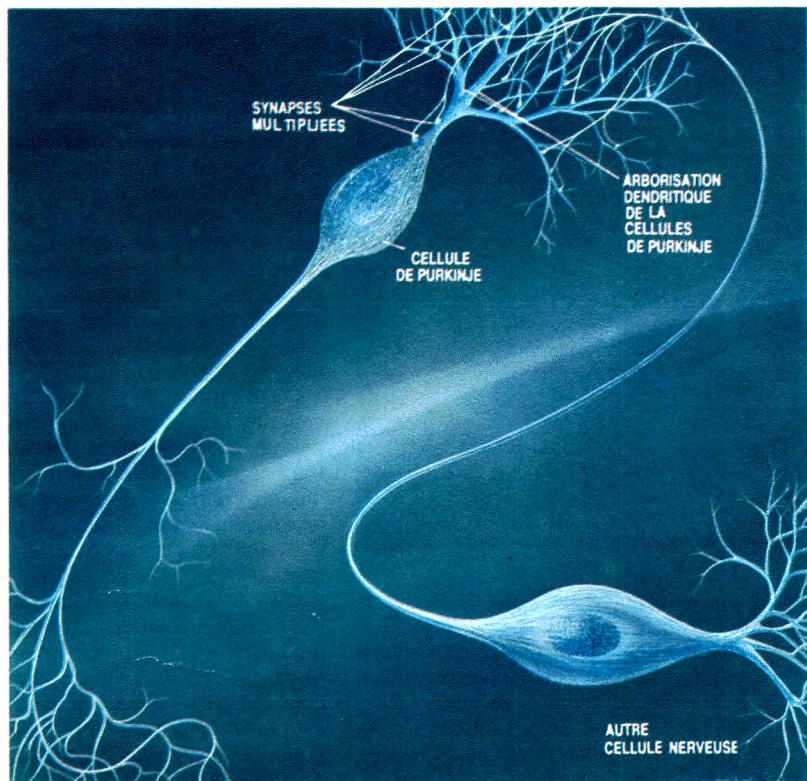
Pour qu'un souvenir ressurgisse, il faut qu'il soit inscrit quelque part. Il n'est pas possible, pour un biologiste contemporain, de concevoir la mémoire autrement que comme la faculté de mobiliser des réseaux d'interconnexions neuronales, qui ont été d'une manière ou d'une autre stabilisés dans le cortex. Dans certains cas, il est possible de mobiliser ces interconnexions stabilisées pour rappeler des souvenirs que l'on croyait oubliés. Mais si l'on compare la somme d'informations reçues au cours d'une année avec ce qu'il en reste dix ans plus tard, on est bien obligé d'admettre que le taux de conservation est faible. Vraisemblablement, d'innombrables réseaux de relations neuronales ont simplement disparu.

Cela semble assez logique : les capacités du cerveau ont tout de même des limites. On peut penser, avec le neurobiologiste britannique Steven Rose, que le cerveau fonctionne d'autant mieux qu'il peut se débarrasser définitivement d'une foule de souvenirs qui risqueraient autrement de l'encombrer, voire de l'étouffer : « Oublier est aussi important que stocker. » Conception comparable chez le neurobiologiste français Jean-Pierre Changeux : « Apprendre, c'est stabiliser des combinaisons synaptiques préétablies. C'est aussi éliminer les autres. »

Davantage encore que chez Piaget, l'hypothèse de base de la théorie de Freud repose sur une continuité fondamentale entre le psychisme du nourrisson et celui de l'adulte. Mais au lieu que cette continuité soit expliquée par des stades intellectuels successifs fondés sur une période sensori-motrice initiale, elle est expliquée par des stades symboliques. Comme ceux de Piaget, ceux-ci s'emboîtent les uns dans

(suite du texte page 156)

## ...CÈDE LE PAS À LA QUALITÉ



Ou encore, l'intelligence de l'enfant qui ne sait pas encore bien parler (18 mois) est le produit de ses expériences sensori-motrices précédentes.

Or, rien ne permet d'affirmer que les connexions neuronales qui commandent le réflexe automatique d'agrippement du nouveau-né sont les mêmes qui serviront dix-huit mois plus tard à serrer un crayon. D'autant moins qu'entre-temps sont intervenues au moins deux facultés entièrement nouvelles, dont on peut supposer qu'elles dépen-

pas apprendre à parler avant que le cortex ait atteint un certain stade de croissance. On ne peut pas apprendre à écrire avant qu'il ait atteint un nouveau stade. Il est raisonnable de penser que les nouvelles facultés sont surtout le résultat du développement du cerveau, c'est-à-dire de l'établissement de nouvelles connexions au détriment de connexions périmées.

La faculté d'imprimer un souvenir de manière durable croît fortement vers l'âge de trois ans. Comment expliquer l'apparition

# LA TROUBLANTE AFFAI

## UN COUP PUBLICITAIRE INTEMPESTIF,

**UNE HISTOIRE** de "détournement" d'un médicament exceptionnel, une expérience clinique bâclée — décidément, une grande première médicale française bien mal enclenchée.



De gauche à droite, les Prs Philippe Even, Jean-Marie Andrieu et le Dr Alain Venet, médecins de l'hôpital Laennec, lors de leur étonnante conférence du 29 octobre.

**D**avid Klatzmann appartient à l'équipe de recherche du professeur J.C. Gluckmann, immunologue à la faculté de médecine Pitié-Salpêtrière. Tous deux font partie du groupe d'étude sur le SIDA (dont Gluckmann est l'actuel président) qui réunit les sidologues français par excellence, interlocuteurs scientifiques privilégiés de leurs homologues étrangers. David Klatzmann publiait il y a 2 mois une thèse de doctorat dans laquelle il énonçait l'hypothèse qu'une drogue immunosuppressive utilisée dans les greffes pour combattre les réactions de rejet de l'organisme, la cyclosporine A (CsA), pourrait être utile à l'étude des mécanismes du SIDA *in vitro*, et *in vitro* seulement.

Or le 29 octobre dernier, trois

médecins de l'hôpital Laennec, le cancérologue Jean-Marie Andrieu, le pneumologue Philippe Even et l'immunologue Alain Venet, convoquent une conférence de presse improvisée en toute hâte (moins de 24 heures, sous prétexte de "devancer les Américains"!), et à laquelle le ministre des Affaires sociales, qui exerce la tutelle sur la Santé, accepte avec une étonnante légèreté de prêter son autorité, ses locaux et le canal de ses services de presse. Le trio médical dévoile qu'il expérimente ce même produit sur des malades humains atteints du SIDA. Les travaux sont si récents que leurs auteurs sont incapables de fournir des résultats cliniques cohérents ou de tirer des conclusions raisonnables pour une thérapeutique d'avenir : deux cas étudiés, avec, pour l'un d'eux, une semaine de

recul à peine ! Ils n'ont au préalable publié aucune communication scientifique à ce sujet, comme l'exige la procédure universellement respectée par les chercheurs sérieux.

Avant d'entreprendre leurs essais sur des hommes, ils ne se sont pas souciés de solliciter l'avis du Comité national d'éthique, présidé par le professeur Jean Bernard, instance qui ne dispose officiellement que d'un pouvoir consultatif, mais dont l'approbation, moralement, est un "must" dans ce genre d'entreprise scabreuse. Andrieu, Even et Venet ont annoncé publiquement, inopportunément, une chose qui n'était point passée par les voies de validation obligées de la science.

Cette mise en scène incongrue, orchestrée de surcroît par un ministère, n'est pas du tout appréciée des chercheurs qui, en France, étudient depuis de longs mois l'application de la CsA au SIDA, mais avec les précautions déontologiques normales, en suivant le protocole des expérimentations biologiques *in vitro*. La précipitation des médecins de Laennec à se lancer dans les essais humains est très mal jugée par leurs pairs. D'autant plus que la CsA, drogue "miraculeuse" mais de ce fait dangereuse, est strictement réglementée dans ses usages thérapeutiques, parmi lesquels ne figure pas son administration à des malades du SIDA. Mais les médecins répugnent à faire des procès publics à des collègues. On préfère les juger en privé. Cette discréption a aussi une raison objective : toute la publicité faite autour de la CsA et de ses risques peut effrayer certains des malades dont ce médicament est pourtant la seule chance de vie, et même, la peur aidant, les en détourner.

Car depuis quelques semaines,

# RE CYCLOSPORINE-SIDA

à la faveur de l'affaire Laennec, l'homme de la rue, des ministres même, ont appris le nom de la molécule prestigieuse. Son apparition en médecine, bien avant son succès politico-médiaque, a été saluée par les pharmacologues comme un événement majeur dans l'histoire du médicament, et par les chirurgiens transplantateurs comme le grand espoir de la greffe d'organes, par les immunologues comme un outil tout nouveau, un immunosupresseur enfin spécifique, qui tue sélectivement certaines cellules immunes (préférentiellement les lymphocytes T), au lieu de perpétrer un massacre métabolique général. Il module la reconnaissance des antigènes étrangers par l'organisme. Il n'intervient qu'à certaines étapes de la genèse de ces cellules sanguines de l'immunité et épargne notamment la moelle osseuse, laquelle pourra repartir sur des bases fraîches en fournitant au corps des cellules saines. On avait en somme découvert, en immunologie, l'arme tactique qui évite le recours à la "bombe atomique".

Depuis les premiers essais cliniques en 1978, la CsA a permis le renouveau des transplantations d'organes les plus anciennes, celles du rein, du cœur, auxquelles on avait en partie renoncé à cause des problèmes posés par les immunosupresseurs classiques. Elle a formidablement stimulé les greffes de moelle osseuse dans le traitement de maladies hématologiques, et son indication est particulièrement précise dans les cas de GVH (*graft versus host*), réaction observée après une greffe allogénique de moelle chez un receveur dont l'immunité a été "attaqué" par le greffon (voir plus loin). C'est la CsA qui a permis d'effectuer les premières transplantations de foie,

de pancréas, de bloc cœur-poumon vraiment réussies chez l'homme. Et l'on envisage maintenant de l'utiliser contre les maladies auto-immunes, ces dérèglements où le système immunitaire arrive à confondre son "moi" biologique avec un antigène étranger, et où l'organisme se met à produire des auto-anticorps pour détruire ses propres constituants. C'est le cas du diabète sucré, du lupus, de certaines affections rénales et oculaires.

La CsA a été mentionnée la première fois par son "inventeur", Jean-François Borel, un chercheur suisse, chef du département de recherches précliniques des laboratoires Sandoz, à Bâle, dans *Agents and Actions*, publication scientifique très spécialisée dans l'activité biochimique et biologique de ces molécules, qui se révèlent être des "agents actifs" au plan expérimental, et pourraient ultérieurement donner lieu à des médicaments. Borel y décrit l'action d'un produit nouveau, la cyclosporine A.

A l'origine de cette belle histoire, il y a un ingénieur de Sandoz qui passe ses vacances en Norvège. Que fait un ingénieur de Sandoz à ses moments perdus ? Il préleve des échantillons de terre, bien sûr, car c'est là qu'on a quelques chances de trouver les micro-médicaments inédits, en particulier des antibiotiques. De retour à Bâle, ce consciencieux employé soumet sa récolte aux analyses habituelles.

Celles-ci révèlent une souche de champignons microscopiques, *Fungi imperfecti*, qui seront mis en culture, immérés dans un fermentateur. Le champignon sécrète naturellement des composés organiques. La machine Sandoz, extraordinairement efficace, se met alors im-

édialement en route.

La substance produite par le champignon est mise entre les mains de Jean-François Borel, spécialiste d'immunologie. En janvier 1972, il démontre son effet immunosupresseur extrêmement puissant. Le produit déprime la production d'anticorps par les cellules de l'immunité chez la souris. Sur ces bases prometteuses, on déclenche alors une batterie de tests extensifs pour connaître son action.

**D**ans un premier temps, on s'aperçoit que l'élaboration des anticorps par les lymphocytes B est inhibée par le produit (que nous appellerons désormais cyclosporine A, ou plutôt par son sigle CsA). Il existe en effet deux types de ces cellules d'immunité appartenant à la lignée blanche du sang, ce sont les lymphocytes B et T. Leurs modes d'action dans les mécanismes immunitaires de l'être vivant sont très différents, bien qu'ils soient morphologiquement identiques et possèdent une commune origine embryologique dans les cellules-souches fabriquées par la moelle osseuse. Il subissent ensuite une phase de différenciation dans le thymus ; c'est au sein de cet organe qu'ils font, en quelque sorte, leur stage de formation et apprennent à devenir de vaillants petits défenseurs de l'organisme.

Les lymphocytes T, pour leur part, exercent plusieurs fonctions. Les uns appelés "T Helpers", ont un effet auxiliaire pour la reconnaissance de certaines substances étrangères (antigènes) quand elles pénètrent l'organisme. Les T Helpers interviennent aussi dans le circuit d'activation des lymphocytes T et de leur transfor-

mation en lymphocytes T cytotoxiques, les "effecteurs", ceux qui utilisent des "poisons" spécifiques préparés par les cellules du corps pour combattre des cellules porteuses d'antigènes, comme c'est le cas dans les greffes, les tumeurs, les infections. Le lymphocyte T cytotoxique peut devenir un attaquant fou dangereux contre l'assaillant, mais à deux conditions: qu'il sache reconnaître l'adversaire, qu'il possède, en mémoire pour ainsi dire, la photo de l'antigène; et qu'il reçoive l'ordre de combat, transmis par des hormones, les interleukines 1 et 2.

Quant aux lymphocytes B, ce sont également des cellules immunocompétentes productrices d'anticorps, mais dont les transformations aboutissent à des plasmocytes, lesquels sécrètent des immunoglobulines, protéines capables de se combiner sélectivement à l'antigène qui leur est présenté. Ils fabriquent donc des anticorps, lesquels s'attaquent directement aux antigènes, alors que les lymphocytes T cytotoxiques s'attaquent aux cellules porteuses d'antigène. La distinction est fondamentale.

**D**ans ses tests préliminaires, Borel met en contact des lymphocytes B de souris avec des globules rouges de mouton, afin de sensibiliser les premiers aux seconds. Car cette première rencontre n'est, pour le lymphocyte B, qu'une séance de présentation; jusqu'ici sa mémoire ne contient en effet rien sur tout ce qui est mouton, et c'est cette prise de connaissance qui va préparer le lymphocyte à combattre l'intrus, si jamais il le retrouve sur son chemin.

Les présentations faites, on place les lymphocytes de souris dans une culture épaisse, une gélose appelée agar-agar. Ils sont ensuite remis en contact avec les hématies du mouton. Cette fois, le lymphocyte n'est plus pris au dépourvu, c'est un soldat pré-

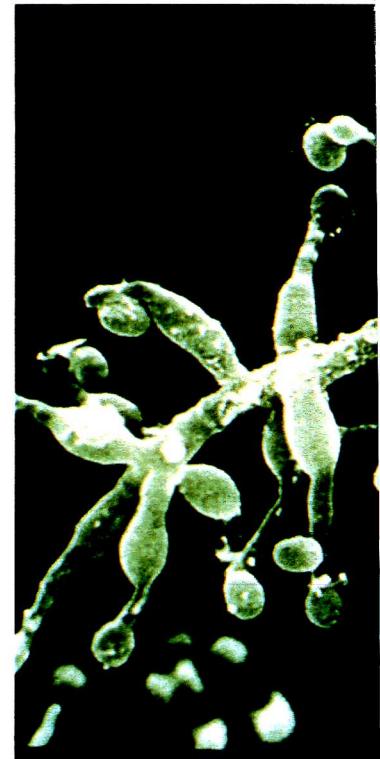
venu; il fabrique immédiatement des anticorps et provoque la destruction — la lyse — des cellules portant les antigènes du mouton, destruction qui se manifeste par l'apparition de plaques rouges. D'où le nom de PFC (*plaque forming cells*) donné à ce test. Or, si l'on incube de la CsA dans ce milieu de culture, la lyse ne s'accomplit pas. Aucun anticorps n'a été fabriqué, la CsA a déarmé les lymphocytes.

Mais ce test, tout positif soit-il, n'est pas 100% concluant, car l'absence de réaction immunitaire observée n'est peut-être pas du seul fait de la CsA. Borel soumet donc les lymphocytes à un test d'immunosuppression encore plus sévère, dit d'inhibition de l'hémagglutination, où l'on recherche l'effet de blocage de l'agglutination des globules rouges par les anticorps. Normalement, dans ce corps à corps des lymphocytes avec la substance ennemie, les anticorps doivent s'attacher aux antigènes des globules rouges du mouton. Mais lorsqu'on fait intervenir la CsA entre les combattants, le réseau d'agglutination ne s'effectue pas. Là, plus de doute, c'est bien la CsA qui a empêché la formation des anticorps. Son efficacité immunosuppressive est donc bien démontrée.

Une preuve supplémentaire, et éclatante, en est donnée lorsqu'on découvre que ce produit permet une survie prolongée à une greffe de peau d'une espèce de souris à une autre. Cela signifie que la CsA a détruit la barrière immunologique (la "restriction", en parler médical) qui d'habitude interdit à un transplant de souris blanche de "prendre" sur une souris noire.

Résultat plus spectaculaire encore: la CsA est le premier médicament à prévenir, voire guérir, la terrible GVH: la réaction du greffon contre l'hôte, une maladie que la médecine ne rencontre que dans la greffe de moelle osseuse. Ici, contrairement aux autres greffes d'organes, ce n'est pas l'organisme qui rejette le greffon adventice, mais l'inverse: le greffon

## UNE SEULE USINE AU M



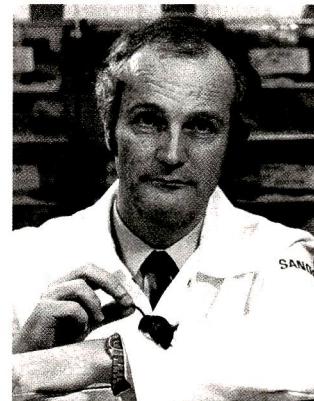
se met à fabriquer des cellules immunocompétentes qui reconnaissent l'organisme comme étranger, et le détruisent. En expérimentation animale, cette atteinte est toujours mortelle et jusqu'ici, parmi les immunosupresseurs classiques, seul le cyclophosphamide retardait un peu le dénouement fatal. La CsA a pour la première fois permis de sauver, même si c'est un petit nombre et pour un certain temps seulement, des souris et des rats souffrant d'une GVH très prononcée.

Ce succès, s'il ne soulève pas l'enthousiasme des foules, est perçu cependant comme une nouvelle extraordinaire par la communauté scientifique. Car la médication classique utilisée jusque-là contre la GVH n'a malheureusement pas que des vertus immunosuppressives, elle est également très toxique pour les cellules de tous les autres organes, les empêchant de fabriquer des acides nucléiques et, partant, de se reproduire et

## E, EN AUTRICHE, SÉCRÈTE LA MOLÉCULE DANS SES FERMENTEURS



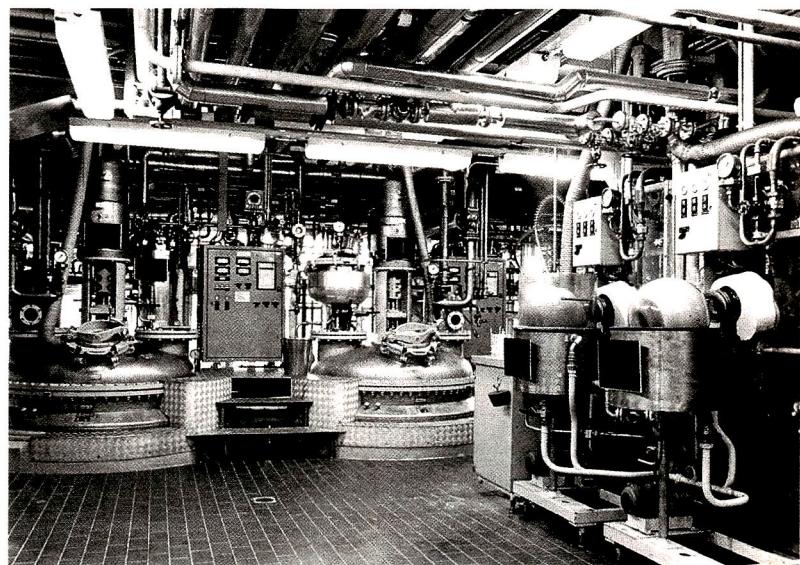
Découverte par hasard en 1969 dans la Hardangervidda norvégienne, le champignon microscopique "Tolypocladium inflatum" produit la cyclosporine. Abandonnée d'abord par les microbiologistes, presque mise au rebut, la molécule doit son salut à Jean-François Borel, immunologue de chez Sandoz, qui en a fait la star que l'on sait. Une seule usine au monde, à Kundl en Autriche, fabrique la cyclosporine : elle abrite les fermenteurs géants où croissent les "Tolypocladium" qui sécrètent lentement le mélange dont on extrait — difficilement et avec un faible rendement — la molécule immuno-logiquement active.



même de survivre. La CsA est donc porteuse d'un grand espoir pour la médecine.

En 1975, les chercheurs de Sandoz mettent à nu sa structure moléculaire<sup>(1)</sup>. Il s'agit d'une protéine de 11 acides aminés constitués en boucle fermée (normalement, une protéine se présente sous la forme d'une chaîne ouverte). Hydrophobe, le produit est insoluble dans l'eau. Décidément, la CsA est un phénomène : un de ses aminoacides est nouveau, inconnu, un dérivé jusque-là ignoré de la sérine. La CsA étonne par toutes ses caractéristiques. Alors que les protéines ordinaires, absorbées oralement, sont découpées et décomposées par les sucs gastriques (enzymes et acide chlorhydrique), celle-ci n'est pas détruite dans le système digestif et passe intégralement dans le sang.

A la même époque, brûlant les étapes, les chercheurs élucident le mécanisme d'action de la drogue. La CsA se comporte en



agent antilymphocytaire. Sa cible principale est le lymphocyte T. Mais le mode d'opération est complètement différent de celui des immunosuppresseurs classiques.

Le rôle "effecteur" des lym-

phocytes T cytotoxiques a été évoqué plus haut. Mais leur instinct de "tueurs" ne se déclenche qu'à la suite de toute une série d'événements biologiques, une chaîne d'activation qui comporte un système de serrure à deux

(1) Cinq ans plus tard, ils réussissent sa synthèse totale, mais la production industrielle de la molécule ne pourra pas être réalisée par cette méthode, pour des rai-

sons de coûts, et se poursuit actuellement grâce à une technique de fermentation.

clés, à deux signaux (**dessins p. 43**). Le premier de ces signaux, spécifique, est donné par l'ennemi lui-même, l'antigène étranger ; celui-ci est d'abord présenté à une cellule T Helper par un macrophage, cellule de l'immunité non spécifique, dont la fonction est de phagocytter les particules indésirables introduites dans l'organisme — c'est-à-dire de les capturer, les ingérer et les digérer (la phagocytose est notre moyen de défense le plus important contre le tout-venant infectieux, dont l'invasion bactérienne). Le T Helper, ainsi alerté, va informer la cellule précurseur du lymphocyte T cytotoxique, dite TCP — les précurseurs sont des intermédiaires qui annoncent la formation du composé suivant dans une chaîne de réactions biochimiques. Le TCP mûrit à son tour en lymphocyte T cytotoxique, qui se multipliera par division cellulaire. Voilà comment l'antigène aboutit à la production, chez l'hôte, d'une famille de cellules T spécifique de cet antigène, et de nul autre. Si l'on présente au TCP un antigène différent, il en sortira une famille différente de cellules de l'immunité. C'est en cela que réside l'immunité spécifique.

**L**e deuxième signal, lui, est non spécifique. Il est fourni par les interleukines, hormones des lymphocytes et autres cellules de l'immunité. L'interleukine 1, produite, pense-t-on, par le macrophage, est indispensable à l'activation du T Helper. Ce dernier fabrique à son tour l'interleukine 2, essentielle à la maturation et à la prolifération du lymphocyte T cytotoxique.

Quels rouages de cette mécanique biologique la CsA va-t-elle frapper pour enrayer son fonctionnement, pour briser la chaîne immunitaire ? Elle s'attaquera aux deux signaux qui contrôlent les opérations. D'une part, elle s'interpose dans la transmission de l'interleukine 1

du macrophage à la cellule T Helper, effaçant ainsi le message d'appel aux armes ; d'autre part, elle empêche la production ou la libération d'interleukine 2 par les T Helpers. En revanche, elle n'a aucune action sur les lymphocytes T cytotoxiques déjà matures et en circulation. Et dès l'instant où l'interleukine 2 a été produite par le T Helper, la CsA est impuissante à lui interdire d'agir sur les cellules précurseurs des lymphocytes T cytotoxiques. C'est dire combien le "timing" est un élément essentiel, et délicat, de l'administration de ce médicament ; il existe une fenêtre de temps extrêmement étroite, avant une greffe, où son efficacité peut s'exprimer.

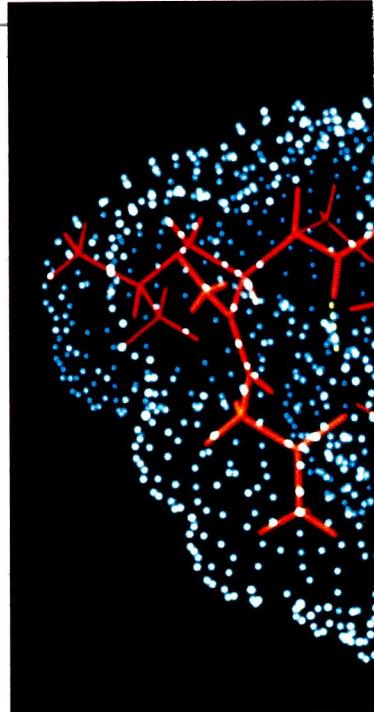
Elle pourrait également inhiber d'autres hormones cellulaires, les lymphokines, molécules importantes dans le mécanisme de l'immunité — l'interféron gamma, l'interleukine 3 — qui interviennent dans le recrutement et l'activation des macrophages.

Quatre ans après les premières transplantations d'organes sous CsA, on ne lui connaît toujours pas de récepteur spécifique à la surface des lymphocytes T, ses victimes préférentielles. Mais comme la CsA pénètre facilement l'enveloppe plasmique, les chercheurs pensent que son récepteur attitré, s'il en existe, pourrait se trouver à l'intérieur même du cytoplasme ; elle agirait directement au niveau de transcription de certains gènes nucléaires.

Bref, la molécule CsA freine ou arrête complètement la réponse immune de l'organisme, en empêchant la prolifération des cellules T, effecteurs du système de défense. C'est une activité "douce", réversible, plutôt immunomodulatrice que franchement immunosuppressive. Au lieu de détruire le système immunitaire sans discernement, elle se contente d'en modifier l'équilibre.

Avant l'avènement de la CsA, les équipes médico-chirurgicales du monde entier, durant vingt

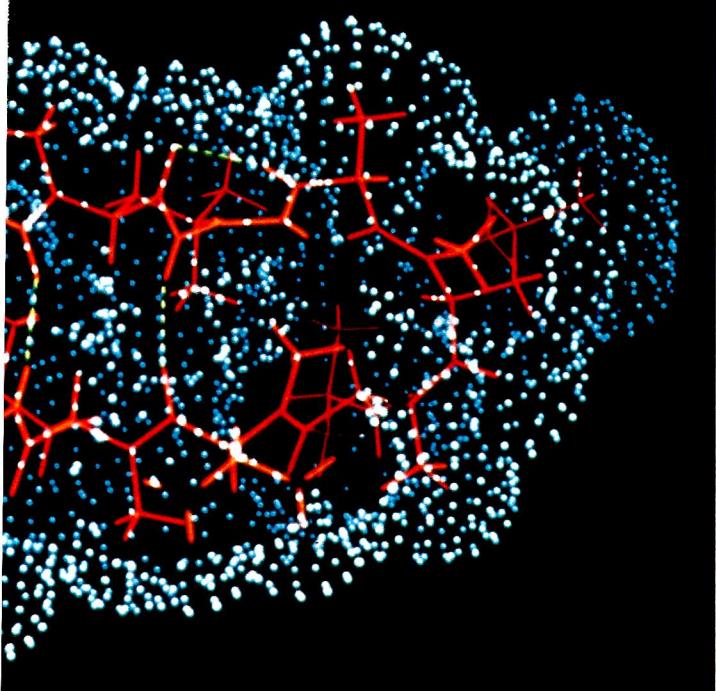
## TROIS CARACTÉRISTIQUES



ans, ont dépendu, pour traiter leurs malades et les préparer à la greffe, essentiellement de l'azathioprine et des corticoïdes. Si ces derniers sont les plus connus des médicaments anti-inflammatoires, le premier de ces produits est un antimétabolite : il bloque certaines enzymes du métabolisme des purines, bases des nucléotides, qui sont la charpente de l'ADN. Il rend donc impossible la synthèse de l'ADN et, par voie de conséquence, celle des protéines que les molécules nucléiques ont charge de synthétiser à leur tour. De ce fait, il interdit aux cellules non seulement de se reproduire, mais de survivre ; une cellule, incapable de se renouveler, meurt.

Ces médicaments s'en prennent aux cellules adultes de l'immunité, mais également aux cellules précurseurs de la moelle osseuse, laquelle fabrique aussi les autres éléments figurés (cellules) du sang, globules rouges et plaquettes. En fait, ils menacent toutes les cellules du corps, quel que soit l'organe, plus ou

## BOULEVERSENT L'IMMUNOLOGIE



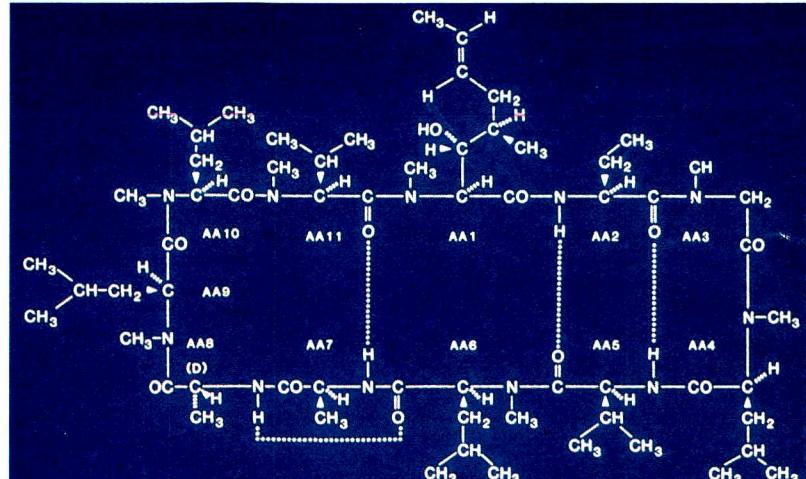
1<sup>o</sup> La cyclosporine est la première protéine connue qui est en circuit fermé (**schéma**). C'est cette structure en boucle qui lui confère cette forme pelotonnée, observée (**ci-dessus**) dans la représentation par ordinateur de la molécule.

2<sup>o</sup> Elle a un acide aminé "inconnu". C'est la N-Méthyl sérine : les acides aminés numérotés de 1 à 11. La N-Méthyl sérine porte le n° AA1 et sa position excentrée, à l'extérieur du cycle, lui confère sans doute une propriété particulière.

3<sup>o</sup> Il existe des liaisons chimiques inter-acides aminés qui permettent le remplacement aisément d'un radical par un autre. C'est toute une famille de cyclosporines (A, B, C, D, G) qui naît. Mais pourtant, seule la cyclosporine A (radical  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ ) sur la D-Alanine n° AA6) a une action immunosuppressive.

moins selon la résistance de ces cellules à l'une ou l'autre des drogues employées. Ainsi, ils bombardent l'organisme sans discrimination.

Cette toxicité médullaire, pour ne pas dire générale, a considérablement freiné la pratique des transplantations d'organes pendant toutes les années où la médecine n'avait rien d'autre à proposer, c'est-à-dire entre 1962,



date de l'apparition des premières antimétabolites, et 1979, quand la CsA a commencé à devenir disponible. Ces traitements immunosupresseurs classiques ne satisfont personne : "inefficaces", "médiocres", "dangereux" sont des qualificatifs qu'utilise constamment à leur propos la littérature médicale de l'époque. L'avènement de la CsA va changer tout cela,

redonner la vie et l'espoir à la chirurgie des greffes.

Les expériences sur l'animal débutent donc en 1973, les essais sur l'homme ne commencent qu'en 1978. Cinq années d'une recherche essentiellement menée par le professeur Roy Calne et son groupe, du département de chirurgie et pathologie de Cambridge, en Angleterre. C'est là qu'on inaugure les greffes de cœur chez le rat, les greffes de rein entre chiens de même espèce, les greffes de cœur chez le cochon, toujours à l'aide de CsA. L'association de cette drogue aux différentes greffes se traduit de façon répétée, reproductive, par une survie beaucoup plus longue des animaux et de la fonction de l'organe greffé.

Alors, en 1979, Calne publie dans *The Lancet*, la première étude pilote de la CsA appliquée à l'homme. Les sujets sont 17 malades, tous atteints d'une insuffisance rénale au stade ter-

minal, et qui ont reçu chacun un rein humain. Les résultats sont encourageants, ils incitent les médecins chercheurs et la société Sandoz à poursuivre l'effort. Le succès va d'ailleurs être confirmé entre 1980 et 1983 par d'autres équipes, celle de Thomas Starzl à l'université de Pittsburgh, celle de Robert M. Fugerson et John S. Najarian à l'université du Minnesota, celle

de Thomas R. Halkala au Pittsburgh University Health Center. Partout, les conclusions sont positives : la survie du greffon, avec un suivi de presque deux ans, est bien meilleur, en durée et en qualité de fonctionnement de l'organe, qu'auparavant avec les immunosuppresseurs classiques.

Pourtant, on n'est pas aussi heureux qu'on voudrait l'être. Tout médicament actif a sa contrepartie, c'est inévitable, mais ici, dès le départ, les médecins soupçonnent un problème grave : l'efficacité de la CsA se double d'une toxicité du rein (néphrotoxicité) que Roy Calne, lui-même, considère comme un défaut sérieux de la nouvelle drogue.

A Cambridge, de 1979 à fin 1982, 156 nouveaux malades traités à la CsA reçoivent une greffe du rein. Dix d'entre eux (12,6 %) mourront entre 20 jours et 26 mois après l'intervention. Non pas par le rejet du rein, mais d'infection, de septicémie, d'hémorragie cérébrale. Le taux de survie des greffés, avec un an de recul s'établit à 77 %, contre 62 % dans le groupe témoin des malades traités classiquement à l'azathioprine et aux corticoïdes. Les morts sont toutes survenues moins d'un an après la greffe, pour les malades traités aux produits classiques ; mais plus tard (entre un an et trois ans après la greffe) pour les malades sous médication CsA.

Dès lors, on passe à l'échelle supérieure d'expérimentation. De part et d'autre de l'Atlantique est mise en place une organisation d'essais "multicentres" pour la greffe du rein en 1983 : au Canada (291 patients) et en Europe (232 patients).

La CsA s'impose très vite aussi dans les greffes du cœur, où elle diminue à la fois la gravité et la fréquence des rejets. Le nombre de telles interventions, faute d'immunosuppresseurs convenables et devant la masse des échecs, s'était beaucoup réduit entre-temps, même si les médecins n'y avaient jamais renoncé totalement. Mais voilà qu'un nouvel élan est donné à cette chi-

rurgie grâce à la CsA. Le pourcentage de survie à deux ans passe rapidement de 36 % à 85 %. Certes, la nouvelle drogue n'est pas la seule en cause ; les bons résultats tiennent aussi aux critères plus sévères de sélection des receveurs admis à subir une greffe, aux techniques plus efficaces de conservation du cœur prélevé (2), aux diagnostics plus rapides et plus fiables des rejets.

**D**epuis qu'il utilise la CsA, le professeur Christian Cabrol, de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, à Paris, ne compte plus un seul cas mortel imputable au rejet du cœur greffé. A Stanford en Californie, le professeur Norman Shumway, pionnier de la greffe cardiaque, a réalisé 52 interventions sous CsA, sans déplorer une seule crise de rejet. Il y a eu 14 décès parmi ses patients, mais dus à d'autres complications : infections, chocs cardiaques, troubles du rythme, accidents vasculaires, hémorragies. Shumway a pu envisager enfin d'effectuer des greffes de bloc cœur-poumon avec quelque espoir de succès. En effet, dans le cas d'une défaillance cardiaque irréversible avec atteinte des vaisseaux pulmonaires, la transplantation cardiaque isolée (du cœur uniquement) est contre-indiquée ; il faut en même temps greffer des poumons. Le chirurgien américain a réalisé onze de ces interventions ultra-délicates et le bilan est de huit survivants à l'heure actuelle.

Pour le rein, pour le cœur, la chirurgie des greffes n'avait jamais tout à fait cessé malgré même les inconvénients des immunosuppresseurs classiques. Par contre, pour le foie, le pancréas, le poumon, les tentatives avaient été carrément abandonnées. Or voici que des équipes prestigieuses, des pionniers de ces greffes longtemps interdites par les échecs, reprennent le chemin des salles d'opération. Entre 1980 et le début de

1984, les annales médicales ont répertorié 540 transplantations de foie, tant chez les adultes que chez des enfants. Les enfants hépatiques souffrent souvent dramatiquement. Beaucoup sont victimes de gravissimes blocages néo-nataux de la voie biliaire, ou de cirrhoses congénitales que seule la greffe peut guérir. Les problèmes de ces greffes ne sont pas entièrement réglés, mais d'ores et déjà elles transforment du tout au tout la qualité de vie des jeunes malades. La survie à un an, de 20 % avant l'introduction de la CsA, est passée à 60-80 %.

On a même pu, à la faveur de ce nouveau produit, lancer la greffe du pancréas. A vrai dire, la relancer : inaugurée dès avant 1967, elle fut accompagnée alors d'échecs retentissants. Elle exigeait des doses monstrueuses de corticoïdes en guise de médicament anti-rejet ; la survie extrêmement problématique des greffons était le plus souvent interrompue par une nécrose aiguë. Certes, la place de la CsA dans la transplantation pancréatique n'est pas encore bien établie et l'opération échoue encore fréquemment. Pourtant, depuis 1977, on a pratiqué 202 de ces greffes "impossibles", et en 1983, 17 % des organes rapportés fonctionnaient encore.

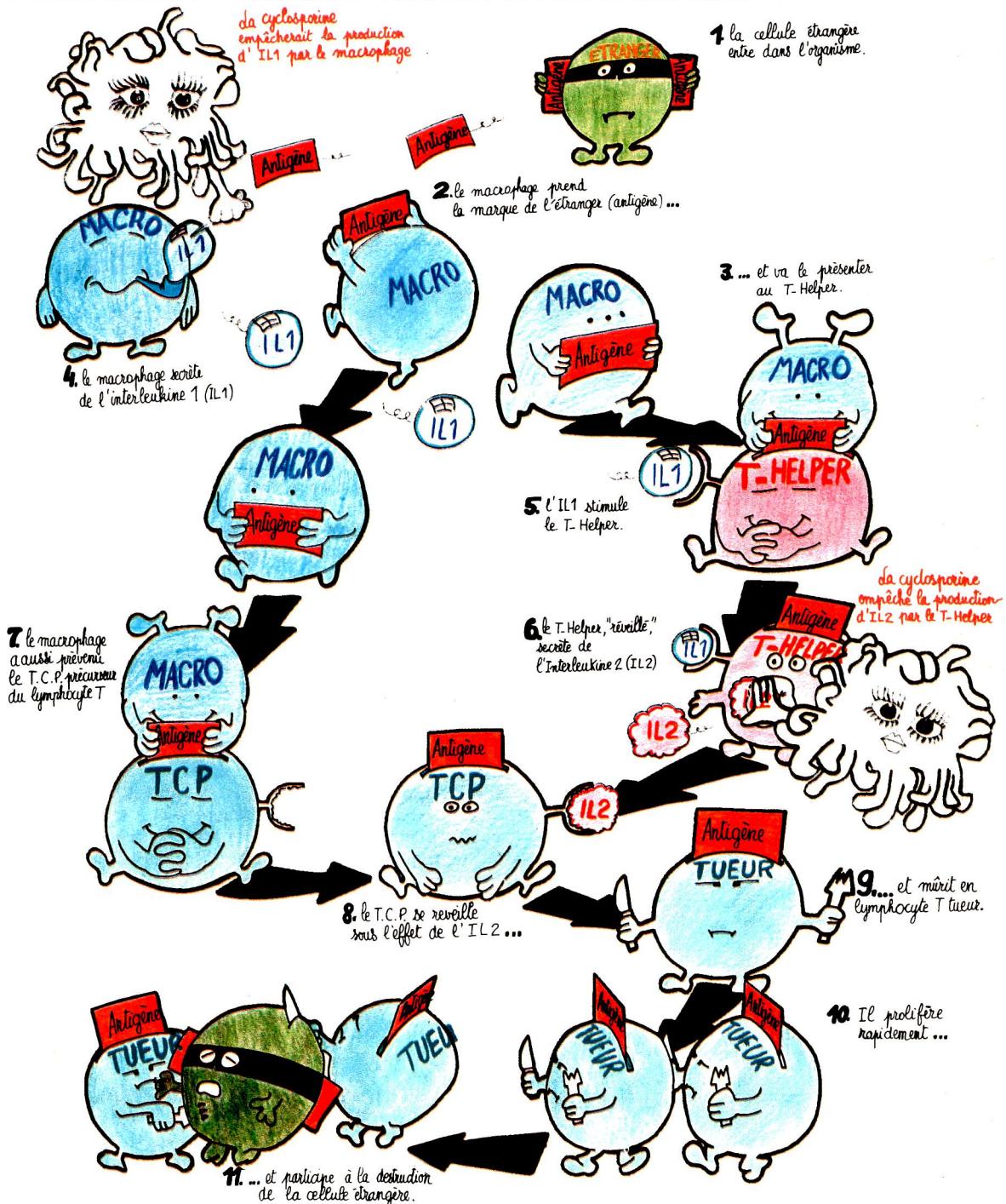
Nouveauté des nouveautés : les malades diabétiques atteints d'une insuffisance rénale liée à leur diabète, peuvent maintenant bénéficier, bien qu'en très petit nombre, d'une greffe de bloc pancréas-rein. Les résultats sont même meilleurs que dans la greffe de pancréas isolé. Et là encore, l'effet de la CsA est frappant : 54,44 % de survie, contre 38,88 % pour les cas traités aux immunosuppresseurs classiques.

La CsA s'est taillé une réputation prodigieuse dans l'opinion médicale. Rares sont les nouveaux produits qui mobilisent à tel point l'intérêt des professionnels de la greffe. La preuve : *Transplant Proceedings*, bible des greffeurs, consacre un numéro spécial de 1 400 pages à la

(suite du texte page 44)

(2) Voir notre article sur la cryobiologie, *Science & Vie* n° 805, octobre 1984.

## LES ROUAGES DE L'IMMUNITÉ BLOQUÉS PAR LA CYCLOSPORINE



On se gardera d'être dogmatique et de prétendre représenter la réalité figée de cette cascade d'événements de l'immunité cellulaire. Elle mèle les étapes prouvées aux hypothèses de travail et ne mentionne que deux types d'effecteurs cellulaires : les cellules de reconnaissance (macrophages et T-Helpers) et les cellules d'attaque

(lymphocytes T cytotoxiques, et leurs précurseurs).

**Ce qui est sûr :** la cyclosporine stoppe la production (synthèse ou libération) de l'interleukine 2. Elle empêche la maturation du T.C.P mais elle n'agit pas sur le lymphocyte T déjà mature.

**Ce qui l'est moins :** la CsA diminuerait la libération d'interleukine 1 par le macrophage.

CsA et à ses multiples aspects, biochimiques, pharmacologiques, immunologiques, cliniques. La CsA a droit, insigne honneur, à une conférence mondiale pour elle toute seule : le premier Congrès international de la cyclosporine, tenu en mai 1983 à Houston, au Texas.

Il faut donc que son efficacité thérapeutique soit bien réelle pour peser dans une balance dont l'autre plateau est par ailleurs lourdement chargé. Car les médecins n'ignorent pas ses côtés négatifs : la CsA affecte durement les fonctions rénales, elle crée des risques de cancérisation ; elle provoque dans 30 % des cas de l'hirsutisme (le foisonnement exubérant du système pileux, notamment chez la femme), des troubles abdominaux, de l'hypertension artérielle (dans 56 % des greffes de cœur), de l'impuissance sexuelle, des cécités, des modifications biologiques parfois sévères.

**L**e médicament est en outre difficile à utiliser et à contrôler. « Il n'y a aucune relation mesurable entre l'effet biologique immunosupresseur et les dosages plasmatiques de la cyclosporine, même avec la technique très sophistiquée de l'HPLC (3). C'est un vrai problème pour le clinicien », dit Jean-Paul Vernant, professeur d'hématologie et spécialiste de la greffe de la moelle à l'hôpital Henri Mondor de Paris. Autrement dit, il n'existe pas de rapport constant entre l'efficacité clinique de la CsA et la quantité de ce produit en circulation dans le sang. Les doses faibles sont souvent accompagnées d'effets secondaires plus importants que les doses fortes. D'où la difficulté extrême de réguler la posologie et de conduire la traitement de façon nuancée. Cela a conduit parfois, au début, à forcer la mesure, entraînant chez certains malades des cancers mortels du tissu lymphoïde — des lymphomes.

La néphrotoxicité observée dès les débuts par les chercheurs de Cambridge ne s'est pas démentie. « Chose exaspérante, le premier médicament anti-rejet vraiment efficace se trouve être également toxique pour le rein », déplore le professeur John Lutscher, du Beth Israel Hospital de Boston. Les premières constatations de Roy Calne à ce propos se sont malheureusement confirmées. Certains auteurs n'hésitent pas à qualifier la drogue de véritable toxine. Son action délétère sur le rein est presque constante, quoique imprévisible dans ses effets, puisqu'elle n'est pas proportionnelle à la dose employée, comme nous venons de dire (à vrai dire, la débat sur la proportionnalité dose/toxicité est loin d'être clos). Tout dépend de la sensibilité individuelle du malade, impossible à déterminer d'avance.

La CsA augmente le taux sanguin de la créatinine, molécule témoin de la capacité de filtration des glomérule rénaux, ces peloton de capillaires chargés de l'épurer. Elle diminue donc la propriété de perfusion sanguine du rein et son pouvoir d'ultrafiltration. Elle agit sur le versant vasculaire de cet organe en augmentant la pression régnant dans ses vaisseaux, et même dans ses capillaires les plus microscopiques. Elle perturbe aussi la fonction du tube rénal, qui sécrète et réabsorbe de nombreuses substances contenues dans l'urine primitive.

Bien entendu, les médecins surveillent de très près les greffés, par des examens de laboratoire, pour déterminer le cours de ces modifications rénales. Mais aucun malade soumis à la CsA n'est à l'abri de ce genre de complication. Encore une fois, la mesure des dégâts causés par la drogue n'a aucun rapport évident avec les doses administrées et relevées dans le sang. « Certains malades présentent des taux sanguins de CsA de 700 à 1 000 nanogrammes par millilitre, sans aucune toxicité appréciable ; d'autres, avec des taux inférieurs

à 150 nanogrammes, font des nécroses tubulaires rénales et véhiculent des quantités phénoménales de créatinine dans leur sang. Il n'existe pour l'instant aucun moyen de prévoir les réactions individuelles à la drogue, dit le professeur Jean-Paul Vernant.

Ce problème est particulièrement sérieux dans les greffes de rein et pose une difficulté supplémentaire au chirurgien urologue. Car comment évaluer, au jour le jour, l'état d'un greffon rénal chez un malade sous CsA ? Si le rein greffé se porte mal, s'agit-il d'un épisode immunitaire de rejet ou de la toxicité du médicament sur le nouvel organe ? Les signes biologiques et cliniques sont les mêmes. On n'aura la réponse que si le patient meurt, après l'examen histologique d'une biopsie rénale. Et encore, ce test n'est pas toujours déterminant.

Le chirurgien cardiaque Bryan Myers pousse la critique encore plus loin, dans le *New England Journal of Medicine* de septembre 1983. Pour lui, l'atteinte du rein par la CsA ne serait pas réversible, ni limitée à la durée du traitement, mais chronique et définitive. Sombre perspective, si le pronostic est exact, puisque la plupart des greffés sont astreints à prendre la CsA toute leur vie. Et pourtant, d'autres études font état de bons taux de survie chez les greffés du rein.

Le médicament agit aussi sur le cerveau, par un mécanisme encore indéterminé. Les malades souffrent fréquemment de tremblements, de céphalées, d'ataxies, de troubles auditifs. Plus graves sont les crises d'épilepsie généralisées — jusqu'à 10 % dans les greffes de foie, selon le Centre national d'information sur le médicament hospitalier (CNIMH). Cette toxicité neurologique est évoquée dans de nombreux comptes rendus, qui mentionnent la survenue de convulsions parfois conjuguées à des crises d'hypertension malgigne, autre complication imputable à la CsA. Les greffeurs de moelle rapportent maints cas de

(3) *High performance liquid chromatography*, une méthode de dosage très précise de la CsA dans le sang.

ce genre, notamment chez les enfants.

D'un côté, donc, nous avons un des grands médicaments miracle du siècle. De l'autre, une drogue d'un potentiel toxique important. Pour garantir sa bonne utilisation dans des conditions aussi difficiles, les autorités françaises, conjointement avec les laboratoires Sandoz, ont élaboré, à la seule intention de ce produit, une procédure de distribution complètement originale, dont on ne connaît pas l'équivalent au monde. Etant donné les risques de dérapage dans l'indication, le danger de la mettre entre des mains inexpérimentées, on a voulu réservé la CsA à un petit nombre de praticiens triés sur le volet. Depuis septembre 1984, date de sa mise à disposition à l'usage des hôpitaux (mesure qui n'est que l'avant-première d'une autorisation de mise sur le marché octroyée à une spécialité pharmaceutique), seuls ont accès à ce médicament les 35 services de transplantation d'organes connus en France, ainsi qu'une poignée de spécialistes non greffeurs, dont les diabétologues. Ce régime de diffusion extrêmement strict s'inscrit dans le cadre des essais "multicentres" organisés par le fabricant, en accord avec les pouvoirs publics, selon les critères d'une rigueur absolue. Faites l'expérience : essayez de faire exécuter par un pharmacien d'officine une ordonnance de CsA signée de votre médecin généraliste, ou même d'un spécialiste hospitalier qui ne figure pas sur la liste des usagers agréés.

**P**ourquoi ces précautions byzantines chez nous en France, alors que les pays anglo-saxons ne ressentent pas le besoin de recourir à pareilles mesures d'exception ? Parce que, malheureusement, les médecins français sont peut-être plus que d'autres sensibles à l'effet "mode" des médicaments nouveaux, conséquence des rap-

(suite du texte page 46)

## LE MÉDICAMENT LE PLUS CHER DU MONDE

La santé n'a pas de prix. Sauf pour ceux qui gèrent les budgets des hôpitaux. La cyclosporine est le produit le plus coûteux de la pharmacopée moderne. Il revient en moyenne, par patient et par jour, à 343,70 francs TTC. A doses comparables, les immunosuppresseurs classiques valent 15,55 francs. Le professeur Christian Cabrol, dans ses prévisions budgétaires de 1985, pour 30 malades attendus dans son service, estimait que la dépense en CsA serait de 779 500 francs. Ces prix ne s'appliquent qu'à la CsA administrée oralement ; sous forme intraveineuse, qu'exige parfois l'état du patient, la facture est encore plus élevée. Il faut considérer ensuite les prescriptions après la sortie de l'hôpital. Le coût, calculé sur une année, et qui prend en compte le traitement de 30 greffés sortants et de 40 convalescents opérés l'année précédente, se monte à 3 570 000 francs. Si l'on additionne les coûts de traitement par CsA pendant et après l'hospitalisation, pour un seul service de chirurgie, on arrive à 400 millions de centimes. C'est la première fois dans l'histoire que le produit thérapeutique revient plus cher que la prestation hospitalière dans son ensemble.

Le prix de vente du produit peut se justifier par son prix de revient. La production est très difficile. La CsA n'est pas un médicament de synthèse que les chimistes peuvent assembler de toutes pièces, mais le résultat d'un élevage bactérien dont le rendement est très faible, inférieur à 20 % de la mise initiale du milieu nutritif.

Le produit de ce métabolisme doit être ensuite purifié par des méthodes de filtration jusqu'ici uniquement utilisées en laboratoire et qu'il a fallu transformer en procédés semi-industriels.

Le vrai problème n'est pas vraiment le coût, quoique élevé, de ce médicament, mais la façon dont il est occulté dans les comptes généraux de la santé. Depuis un an, les nouvelles règles ministérielles en matière de statistiques comptables, qui incorporent indistinctement le prix des médicaments dans le budget global d'un hôpital, font qu'il est impossible de déterminer les dépenses spécifiques relatives à un produit thérapeutique donné. Nos enquê-

teurs, pour rassembler cette information pourtant essentielle qu'il se consomme en France près de 2 000 flacons de 50 ml de CsA par mois, une centaine de flacons de 10 ml (conditionnement mis au point pour les enfants greffés) et 150 à 200 ampoules injectables, ont dû frapper à de multiples portes : Pharmacie centrale des hôpitaux, secrétariat d'Etat à la Santé, pharmacies d'hôpitaux, les laboratoires Sandoz. Incroyable mais vrai, nulle part dans un service officiel en France, ces renseignements ne sont centralisés, ou du moins disponibles.

A la direction de la Pharmacie centrale des hôpitaux de l'Assistance publique de Paris, son responsable, Henri Cerceau, nous a dit : « La consommation des produits n'est pas une information diffusée ; en ce qui concerne la cyclosporine, les renseignements appartiennent aux laboratoires Sandoz. »

Au secrétariat d'Etat à la Santé, Yves Coquin, assistant du directeur de la Pharmacie et du Médicament, a fait admirablement écho à cette étonnante prise de position : « Nous possédons effectivement les données sur la consommation et le suivi du médicament, mais ces données sont la propriété de Sandoz. Voyez avec eux s'ils vous autorisent à les consulter. » Etonnant dans la bouche d'un fonctionnaire de l'Etat.

Sandoz est indubitablement une entreprise respectable aux plans scientifique et industriel. Mais pour un pays, le nôtre, qui aime tant clamer son indépendance, ce renoncement vis-à-vis d'une firme pharmaceutique suisse est surprenant. Et pourtant, la médecine française est tributaire des statistiques que devrait lui fournir l'administration : analyses des résultats sur les premiers malades, études des problèmes de doses, d'association avec d'autres drogues, de fréquence des effets secondaires. Tout cela est capital pour la connaissance d'un médicament nouveau, majeur et puissant comme l'est la cyclosporine (1). Il est étrange que ces données, en grande partie obtenues grâce au service public, soient ainsi "dénationalisées".

En réalité, c'est toute l'organisation du médicament en France qui est mise en cause dans cette affaire.

(1) D'ailleurs les médecins hospitaliers participent directement à l'exécution d'un service public (jurisprudence du Tribunal des conflits du 25 mars 1957) et, n'étant

pas dans une situation contractuelle de droit privé, ne peuvent disposer à leur guise des informations en question.

ports un peu faussés entre le praticien et la machine publicitaire des laboratoires. L'attitude critique devant les produits derniers-nés semble un peu émoussée chez quelques-uns de nos médecins, et certains pourraient être tentés de les "essayer" sur leurs malades sans trop de circonspection.

Les laboratoires Sandoz se sont rangés sagement à cette politique restrictive visant la vente de leur propre produit en France. La prudence, fût-elle commerciale, l'exigeait. Dès les premières publications sur la CsA, ils ont été assaillis de demandes de médecins français qui désiraient des échantillons de ce médicament. Les industriels suisses ont préféré la méthode discrète, évitant ainsi l'expérimentation sauvage de la CsA, et d'éventuels accidents qui auraient fait beaucoup de tort au fabricant. Et puis, un médicament aussi "protégé" acquiert automatiquement une auréole de prestige, qui sert son image de marque. Ce n'est pas pour déplaire à la société Sandoz.

**D'**ailleurs, la position de Sandoz, d'un pays à l'autre, n'est pas homogène. Le Dr Craig Burrels, responsable américain de la CsA chez Sandoz, au New Jersey, estime que la mise en place de pareilles mesures aux Etats-Unis serait impossible pour des raisons à la fois légales et techniques : « Un tel système de distribution restrictive serait ici anticonstitutionnel. En outre, ce serait tendre un filet très lourd et très cher pour pour n'attraper que rarement quelques petits poissons. » Ce qui implique chez les chercheurs américains une autodiscipline doublée d'une saine prudence devant la loi. Le responsable des affaires extérieures de la Food and Drug Administration, un peu l'homologue de notre Direction de la pharmacie et du médicament, nous a déclaré : « Il n'y a dans ce pays aucune restriction

à l'utilisation d'un médicament, une fois qu'il a été approuvé par la FDA. Surtout pas de restriction à une certaine clientèle de médecins. »

Il n'existe dans notre pays qu'un petit nombre de gens qui connaissent parfaitement l'immunologie clinique, qui sont des transplantateurs confirmés, des autorités dans leur domaine et reconnus comme tels par la communauté internationale de leurs pairs. C'est à eux que le secrétariat à la Santé réserve l'exclusivité de la CsA.

La candidature à l'obtention au droit à la CsA est un des examens les plus durs de France. Il ne suffit pas d'avoir des titres et une réputation. Il faut justifier, par écrit et dans les formes, son besoin du produit, expliquer l'usage qu'on se propose d'en faire, s'engager solennellement à respecter les indications actuelles du médicament. Autrement dit, on jure qu'on l'utilisera uniquement dans le cadre des greffes d'organes et de quelques maladies nommément autorisées, et non pour soigner la schizophrénie ou les cors aux pieds.

La permission théorique étant accordée, reste à se procurer la fameuse substance dans la pratique. Le chirurgien qui jouit ainsi de la grâce officielle doit présenter à la pharmacie de l'hôpital une ordonnance au nom du malade, spécifiant la quantité fixée par le protocole et adaptée aux besoins particuliers du patient, ordonnance non renouvelable et limitée à un mois seulement, la quantité de CsA délivrée correspondant à la dose quotidienne requise, multipliée par le nombre de jours dans le mois. Ceci pour éviter les stocks sauvages et la subtilisation. On imagine le trafic auquel donnerait lieu la CsA si elle était librement accessible sur l'étagère, quand, au gré des rapports sur la consommation de médicaments à l'hôpital, on s'aperçoit ça et là des abus, pour ne pas dire plus, qu'elle entraîne.

La commande est transmise à la Pharmacie centrale des hôpi-

taux de l'Assistance publique de Paris, qui vérifie l'exactitude des déclarations du chirurgien, et s'assure qu'on n'a pas "fait voter un mort", autrement dit que le patient de l'ordonnance est un ayant-droit vivant de la CsA et ne figure pas sur la liste des greffés décédés.

Une fois sorti de l'hôpital, le patient sera soumis toute sa vie à des doses, faibles, il est vrai, mais continues, de CsA. Pour se les procurer, il devra passer par l'hôpital où il a reçu sa greffe, ou à défaut par un autre établissement qui sera le seul en France autorisé à lui délivrer ce produit vital pour lui, car tout arrêt de la médication crée un risque de crise de rejet éventuellement si grave qu'elle dépasserait toute possibilité de ressource thérapeutique.

Peut-on imaginer système plus étanche, plus hermétique et mieux conçu pour prévenir la "resquille" et les abus ? Procédure inviolable, dit-on officiellement.

Et pourtant, trois médecins de l'Hôpital Laennec, qui ne sont ni transplantateurs, ni participants d'un essai du médicament dans les maladies pour lesquelles le produit est autorisé (¹), se sont procuré de la CsA et l'ont administrée à des malades du SIDA, ont proclamé haut et fort leur exploit, se sont servi de la voix d'un ministre pour amplifier leur discours et conférer plus d'éclat à leur action. Comment se sont-ils arrangés pour obtenir cette drogue à usage réservé, en dehors de ses prescriptions officielles ? Ne posons même pas la question de savoir comment la plus haute autorité nationale chargée de la santé publique a pu se prêter à une opération publicitaire en faveur d'une expérience illicite.

Notre enquête propose plusieurs solutions. L'une d'elles est suggérée par un haut fonctionnaire du secrétariat d'Etat à la Santé : « On entend dire que Sandoz fournirait le produit gracieusement à certains médecins, pour des essais non officiellement répertoriés mais porteurs

(¹) Les seules maladies auto-immunes pour lesquelles le ministère admet les essais cliniques de la CsA sont le diabète, la myasthénie, l'uvéite, le lupus, la polyar-

d'avenir.» Une expérimentation visant à guérir le SIDA est incontestablement "porteuse d'avenir" si elle est faite à bon escient. On a peine à croire, cependant, qu'un grand laboratoire suisse de renommée mondiale, dont la parole est engagée sur une politique de réserve à laquelle il s'est d'ailleurs volontairement associé, puisse s'aventurer à traiter en sous-main avec trois médecins français dont les activités "sidologiques" n'avaient jusqu'à présent épater personne.

L'autre hypothèse, émise par certains de leurs collègues, est que les trois compères sont tout bonnement passés par des canaux frauduleux pour s'approprier le produit. Soit en émettant de fausses ordonnances pour des traitements qu'ils n'effectuent pas en réalité, et en réussissant à déjouer la système de sécurité mis en place. Soit en achetant la drogue "au noir" à des confrères habilités à la recevoir.

De toute façon, il y a eu détournement d'un médicament de son usage légal.

Autre supposition : la "contrebande". Ils ont pu importer clandestinement le produit de l'étranger.

On ne connaîtra sans doute jamais l'épilogue définitif de cette affaire. Une grande autorité du monde médical nous a cependant confié sa solution de l'éénigme : les trois médecins de Laennec auraient couvert leurs premiers besoins en demandant la CsA pour des "greffés" d'une autre hôpital prétendument transférés dans leur service. Ensuite, confrontés à une rupture de stock, et jouant le tout pour le tout, ils se seraient adressés à M. de Kervasdoué, directeur des Hôpitaux de Paris. Leur cause y aurait été si bien plaidée qu'ils auraient obtenu une ration supplémentaire du médicament et, en prime, la bénédiction officieuse de leurs travaux.

Mais, depuis, il y a eu mort d'homme. A Paris, cinq malades dans un premier temps ont été soignés par la CsA à l'hôpital Laennec : deux SIDA, l'un décrit par le professeur Andrieu comme arrivé au stade terminal

de l'affection (donc, au chapitre de la mort), l'autre dans un état grave. Tous deux mourront. Un troisième malade, lui aussi sous CsA, décédera à l'hôpital de Grenoble.

On a traité également trois patients atteints de pré-SIDA, ce qui désigne des porteurs de signes cliniques ou biologiques d'affections annonçant la maladie. Mais les sidologues critiquent maintenant doublément les arguments utilisés par le trio Laennec : en matière de SIDA, comme toujours en médecine réanimatoire, on ne ressuscite personne, on ne sauve que ce qui peut être sauvé. Les exemples ne manquent pas d'infections virales ou bactériennes très graves chez tels malades, qui en ont pourtant guéri, ne serait-ce que pour un temps. Donc, "au seuil de la mort" n'est pas une description suffisante pour justifier qu'on soumette un patient à un traitement aussi aléatoire.

La deuxième critique porte sur le pré-SIDA. Les sidologues refusent à présent d'assimiler entièrement cet état au SIDA : si le risque est grand que le premier aboutisse au second, la finalité n'est cependant pas inéluctable. Autrement dit, les médecins de Laennec ont, c'est cela qui est inacceptable, troqué le risque hypothétique que les trois malades en question développent un SIDA, contre celui bien plus réel de leur infliger une grave insuffisance rénale à cause de la CsA.

Leurs auteurs étaient-ils parfaitement maîtres des complications qu'entraîne l'usage de la CsA ? Ces complications qui font l'objet de risques chèrement calculés par les spécialistes les mieux qualifiés.

A première vue, il semble paradoxal que la CsA puisse offrir un espoir dans la lutte contre le SIDA. Est-il logique en effet de traiter par un immunosuppresseur un malade dont justement l'immunité est déjà fort déprimée, ce qui est par définition le cas du SIDA, syndrome immuno-déficient acquis ? Mais apparemment, la CsA priverait le

virus du SIDA de sa cible favorite, le lymphocyte T4. Elle empêche en effet la maturation des précurseurs de ces cellules. Les T4 deviendraient alors moins sensibles à l'invasion du LAV, virus spécifique du SIDA, peut-être parce que la CsA modifierait un éventuel récepteur du LAV sur la membrane du T4.

Il reste en outre à prouver, et rien n'est moins sûr, qu'il y ait là une thérapeutique de guérison. Si le traitement par la CsA s'avérait efficace, ce ne serait peut-être que dans le sens d'une rémission fragile. Le malade serait soumis à vie à la CsA : tout arrêt médicamenteux entraînerait alors le retour du virus, sous une forme probablement explosive. « Autant que nous le sachions, la CsA pourrait être un médicament mortel pour les malades du SIDA », selon le Dr Donald

*La fraîcheur d'âme de notre secrétaire d'Etat aux Affaires sociales explique sans doute la hâte à communiquer les "résultats" des 3 médecins cités en tête de cet article, mais l'excuse-t-elle ?*



Abrams, sidologue du San Francisco General Hospital.

On le voit, la CsA est plus qu'un médicament majeur. Elle est devenue un puzzle médico-scientifique, dont personne ne peut se vanter de détenir tous les morceaux. D'autant qu'un morceau supplémentaire vient de faire son apparition avec les expériences sur le SIDA : l'épidémie de la peur.

# IKO vous fait revivre vos moments de bonheur.

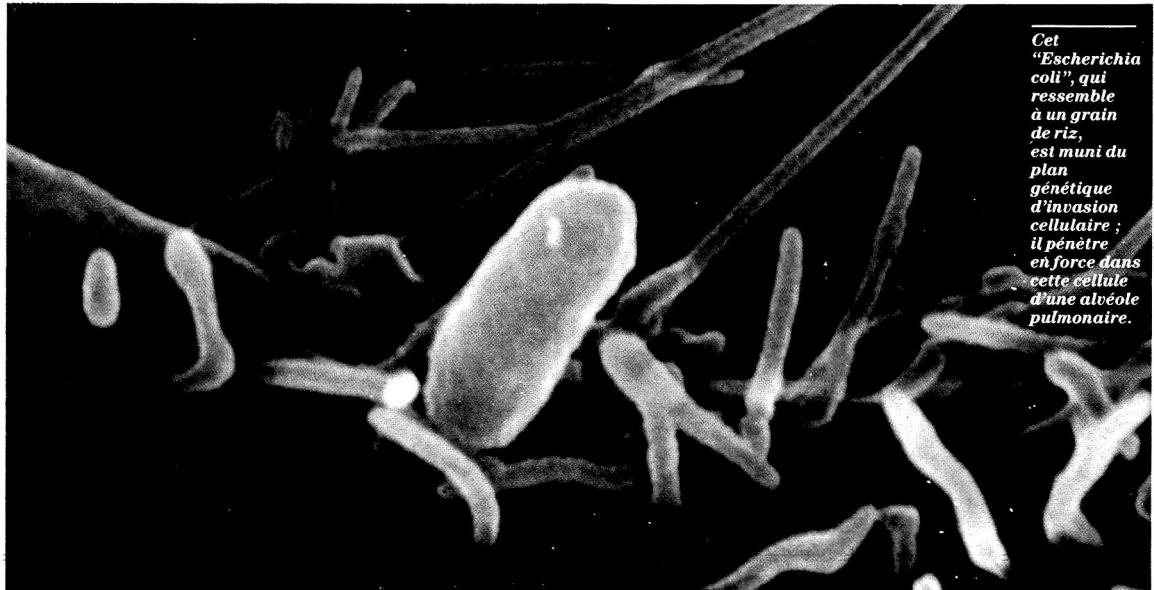
Vos photos, ce sont des bonheurs, des sourires, des moments uniques que vous aimez revivre et partager. Les hommes et les femmes des laboratoires IKO développent vos photos avec passion, pour que vous retrouviez intacts ces instants. Cette perfection, ils l'obtiennent en vérifiant un par un vos tirages, allant même jusqu'à retirer vos photos si elles peuvent encore être améliorées. IKO, c'est aussi des dizaines de possibilités et d'idées pour utiliser vos photos. IKO vous les présente dans le Dicophoto,

offert par votre photographe. C'est pour tout cela que 2.500 photographes-conseil ont choisi les laboratoires IKO. Pour que nous allions, ensemble, jusqu'au bout de la photo.

**IKO**  
Jusqu'au bout de la photo



# ESPIONNAGE CHEZ LES MICROBES



Cet *"Escherichia coli"*, qui ressemble à un grain de riz, est muni du plan génétique d'invasion cellulaire ; il pénètre en force dans cette cellule d'une alvéole pulmonaire.

## IL Y A DES BACTERIES QUI RESTENT

**EXTERIEURES AUX CELLULES**, mais il y en a aussi qui les pénètrent. Ce qui les distingue est un gène que l'on vient d'identifier et grâce auquel on espère comprendre et combattre les mécanismes de l'invasion interne, jusqu'ici obscurs.

**P**our surprenant que cela paraisse, on ne sait toujours pas comment une bactérie envahit les cellules. Et, pour le savoir, les biologistes s'y sont, pour ainsi dire, pris à l'envers : ils ont utilisé un élément d'une bactérie dont ils venaient de savoir qu'il est la clef de l'invasion cellulaire, et ils l'ont greffé à une autre. Celle-ci est devenue à son tour une envahisseuse ; il n'y avait plus qu'à l'observer, à l'"espionner" en quelque sorte, pour savoir comment se fait l'invasion.

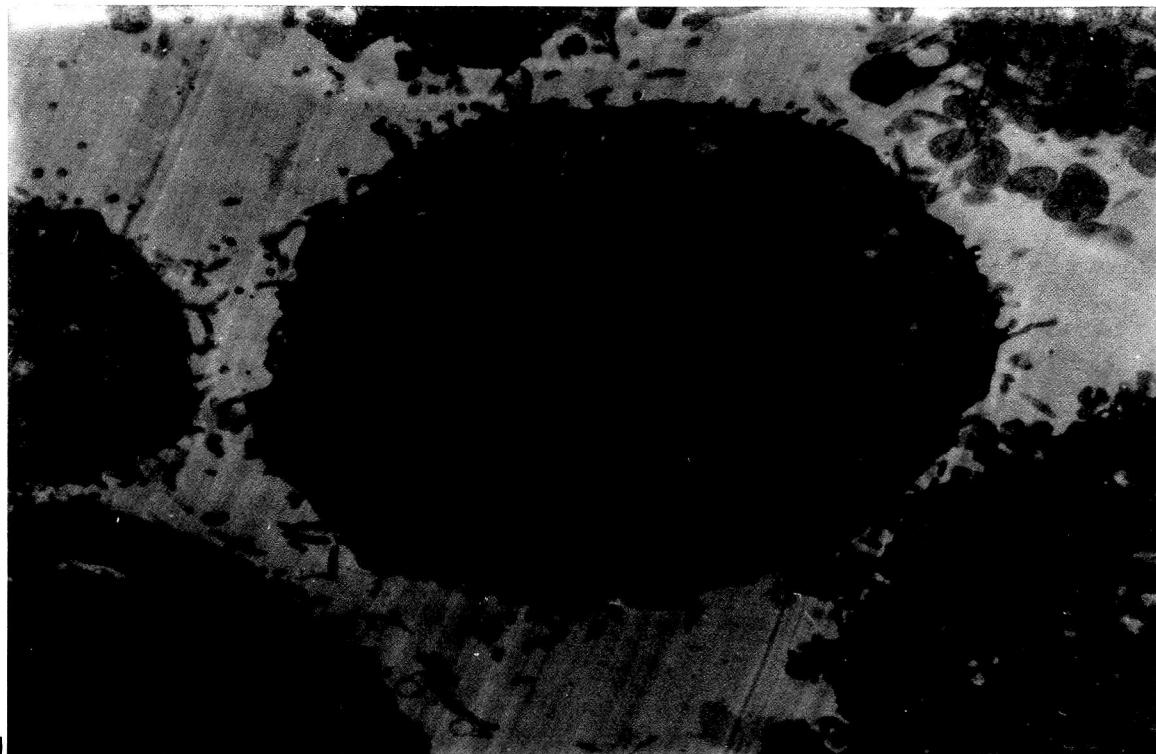
**La bactérie à laquelle on a pris l'élément en question**, un

gène en l'occurrence, est *Yersinia pseudotuberculosis*, un membre de la famille des entérobactéries, micro-organismes où l'on recense les agents de la peste bubonique et de la typhoïde et les bactéries responsables de graves infections intestinales, shigelles et salmonelles.

La plupart des espèces de ces groupes sont isolées quotidiennement, en bactériologie clinique, à l'hôpital, dans les liquides biologiques des malades : elles sont responsables de suppurations, d'infections urinaires et biliaires graves, voire de septicémies et de méningites et ces germes sont d'autant plus dan-

gereux qu'ils sont remarquablement résistants aux antibiotiques ; pis, il fabriquent une endotoxine, exactement un lipopolysaccharide, qui fait partie de la paroi même de la bactérie et qui est libérée lorsque celle-ci meurt. *Yersinia pseudotuberculosis*, découverte en 1883 par les Français Malassez et Vignal, n'a longtemps intéressé que les vétérinaires ; elle provoque en effet une pseudotuberculose chez les rongeurs et tue les animaux en quelques semaines. Chez l'homme, c'est depuis une trentaine d'années que l'on connaît sa responsabilité dans certaines adénites mésentériques aigües, infections suppurrées des ganglions de l'intestin, affections très souvent prises pour une appendicite aiguë, le tableau clinique en étant le même. Mais comme ses consœurs, elle est parfaitement capable de déclencher septicémies, infections intestinales et autres. Elle est du même groupe que *Yersinia Pestis*, l'agent de

## ICI LES BACTÉRIES NE SONT PAS RENTRÉES DANS LA CELLULE...



1

la peste bubonique, bacille découvert par Yersin, autre biologiste pasteurien.

C'est depuis quelques années que l'on sait aussi que ces dangereux tueurs ont la particularité de savoir mieux que d'autres pénétrer les cellules qu'ils infectent et s'y maintenir en survie, au contraire de nombreuses espèces qui, elles, survivent en se multipliant d'abord à l'extérieur des cellules qu'elles envahissent ensuite.

Les uns et les autres parasitent et infectent l'homme et les autres mammifères avec un égal bonheur. Il est cependant indéniable que le choix de rentrer "dans" la cellule donne droit à quelques avantages: la bactérie s'y trouve relativement plus à l'abri des défenses immunitaires de l'organisme qu'elle infecte, lymphocytes tueurs ou anticorps circulants, même si la cellule attaquée se défend elle-même contre l'intrus. Autre avantage, décisif celui-là, la bactérie qui dispose de cette arme biologique peut traverser les barrières des

épithéliums en général, perçant sans difficultés les barrières anatomiques de l'individu.

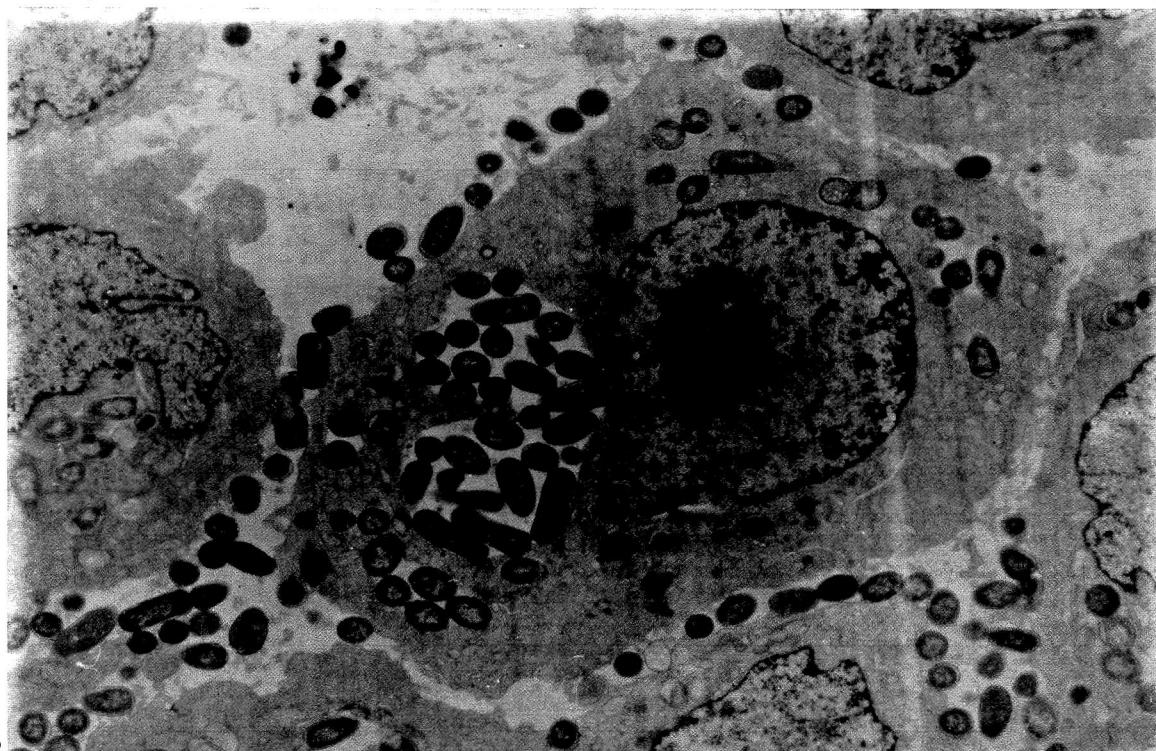
Les Drs Ralph Isberg et Stanley Falkow, bactériologues du Stanford University Medical Center (Californie), ont transféré cette possibilité d'attaque d'une espèce bactérienne à une autre: ils ont appris à un inoffensif colibacille à devenir un expert passe-murailles biologique. Belle percée, car de nombreuses équipes de par le monde s'intéressent à ce phénomène (dont l'unité des entérobactéries de l'Institut Pasteur de Paris). Isberg et Falkow ont identifié un emplacement sur le chromosome de *Yersinia pseudotuberculosis* (c'est ce qu'on appelle un locus), qui contient le gène nécessaire et suffisant pour l'invasion. Ce gène, introduit dans les colibacilles, les rend parfois capables d'envahir des cellules animales.

**Comment introduire ce gène?** La méthode est, selon les Californiens, "simple"; elle devrait permettre l'isolement

d'autres gènes d'invasion dans n'importe quel microbe, à condition que ce gène s'exprime. On construit donc tout d'abord une banque de micro-chromosomes ou cosmides, comparables aux plasmides contenus dans le cytoplasme des bactéries; ces cosmides, en résumé de gros plasmides qui contiennent des fragments d'ADN dix fois plus gros que les plasmides ordinaires, sont couramment échangés par les bactéries entre elles et sont devenus les outils indispensables du génie génétique parce qu'ils transmettent bien l'information génétique.

On prend donc un chromosome de *Yersinia*, on le fait partiellement digérer par une enzyme qui coupe la double hélice de bases et de nucléotides en des endroits précis, et on obtient ainsi des bouts d'ADN. Ces bouts sont introduits chacun dans un cosmid contenant déjà un gène de résistance à un antibiotique, l'ampicilline, pour le "suivre" à la trace pendant la manipulation. Ainsi, toute l'informa-

## ... LÀ, MUNIES DU GÈNE INV, ELLES L'ONT PÉNÉTRÉE



2

mutation génétique de *Yersinia* est transférée à des cosmides.

Une fois la banque complète, on rassemble les cosmides en une seule suspension liquide (ouvrir le cosmid, y glisser le morceau d'ADN de *Yersinia* et le refermer sont maintenant des opérations de routine). On injecte alors une quantité standard de ce mélange dans une suspension virale : la tête des virus bactériophages servira alors elle-même de transporteur aux cosmides. Voilà comment on injecte les colibacilles, en l'occurrence de souche K 12. Dans leur nombre, les biologistes californiens ne retiennent que les *Escherichia coli* résistant à l'ampicilline. En effet, ce sont les seuls à héberger, dans le cosmid, le gène marqueur résistant à cet antibiotique et le gène envahisseur de cellules.

Les bactéries ainsi sélectionnées sont remises en culture, mais cette fois sur une préparation cellulaire, dans une boîte, où des cellules animales s'étaient sur une seule couche. Après plu-

sieurs heures d'incubation, certaines bactéries se sont associées à la couche cellulaire, d'autres non (sans doute parce que, bien qu'elles aient toutes le même gène envahisseur, certaines l'expriment et d'autres non). Un simple lavage débarrasse la préparation des bactéries inutiles ; on ne récupère que les colibacilles "enrichis", en faisant exploser les cellules animales avec un détergent.

**P**ar cette "simple" méthode, les chercheurs ont isolé 22 clones bactériens.

Pour savoir si ces bactéries transformées sont capables de pénétrer vraiment dans les cellules animales, l'astuce a consisté à les mettre à l'épreuve d'un antibiotique qui ne peut pas entrer dans les cellules. Ainsi, si les colibacilles contenant de l'ADN de *Yersinia* pénètrent dans les cellules de la préparation, ils ne sont pas détruits par l'antibiotique. Résultat pro-

metteur : 12 souches sur 22 candidates survivent à la gentamicine, l'antibiotique en question. Ce qui a frappé les chercheurs, c'est qu'elles résistent aussi bien, sinon mieux, que leur donneur *Yersinia*. Ce qui en dit long sur la puissance du gène, nommé Inv (pour invasion).

Ils ont même photographié au microscope leur saisissante découverte, sur des sections ultraminceuses de ces cellules infectées par les colibacilles.

**Sur la photo 1, une cellule HEP 2** a été soumise à des colibacilles HB101 contenant le gène d'invasion ; mais les chercheurs ont pris soin de modifier artificiellement Inv, et le mutant ne fonctionne plus ; du coup, les colibacilles ne pénètrent pas les cellules, et on constate, après lavage, qu'elles ont été éliminées.

**Sur la photo 2 au contraire, les colibacilles ont un gène Inv qui fonctionne bien.** De nombreuses bactéries ont pénétré la cellule. Elles sont soit contenues dans les grandes vésicules à l'intérieur du cyto-

(suite du texte page 157)

# SOIS MAIGRE

## LASERS ET PRODUITS AMINCISSANTS

**LE SONT SURTOUIT** pour votre porte-monnaie.

Six attrape-gogos viennent d'être interdits à la publicité, mais le marché de la minceur illusoire a encore quelques beaux jours devant lui. N'y a-t-il pas cependant quelque espoir sérieux pour l'obèse qui désirerait maigrir ?

Un endocrinologue explique ce qui est possible, ce qui ne l'est pas et ce qui est dangereux.

**L**e 28 juillet 1985 est à marquer d'une pierre blanche dans la lutte contre le charlatanisme. Ce jour-là le *Journal officiel* publiait un arrêté pris en application de l'article L 552 du code de la santé publique « interdisant la publicité pour un objet, un appareil ou une méthode présenté comme bénéfique pour la santé lorsqu'il n'est pas établi que ledit objet, appareil ou méthode possède les propriétés annoncées ».

L'arrêté, signé par délégation du ministère des Affaires sociales et de la solidarité nationale, vise nommément six appareils et sociétés. A ce « hit-parade », la palme — pour ce qui est de l'étendue des vertus thérapeutiques illusoires — revient à un appareil nommé Pulsar (terme emprunté à l'astronomie !). La publicité le présente, selon l'arrêté, « comme

ayant une action dans certaines douleurs, névralgies, hypertension et hypotension, rhumatismes, arthroses, affections de la colonne vertébrale, varices, troubles circulatoires, stérilité, brûlures, réduction du temps de cicatrisation, etc. ».

Hélas ! Priée par l'autorité ministérielle de fournir des observations médicales à l'appui de ces mirifiques allégations, la société Tellura (encore un nom cosmique) n'a fourni qu'un dossier « ne permettant pas de justifier » sa publicité. Le couperet est tombé...

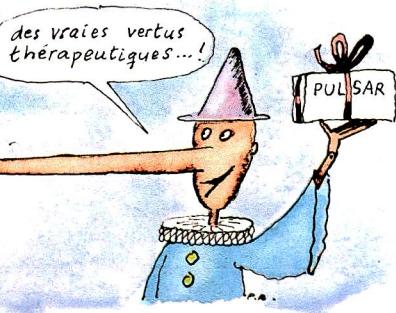
*Idem* pour l'appareil ioniseur Médion, présenté abusivement par la société Tora comme ayant une action bénéfique « sur des affections telles que : asthme, rhume des fous, catarrhe, sinusite, bronchite chronique, emphysème, migraine, autres maux de tête, angoisse, anxiété, rhumatismes ». Et pour les supports anatomiques (oreillers, appuie-dos, repose-nuque et matelas) présentés par la société grenobloise Ortomédic « comme pouvant apporter un soulagement dans les cas suivants : arthrose cervicale, cervico-brachialgies, dorsalgies, lombalgies chroniques », alors que leur emploi « n'est pas justifié et qu'aucune preuve scientifique n'a été apportée par le fabricant ». Les trois derniers appareils frappés



d'interdiction de publicité traitent la cellulite par des rayons laser. L'un d'eux précise qu'il fera « perdre des centimètres rapidement ». Un autre se proclame efficace non seulement contre la cellulite, mais aussi contre la chute des cheveux... Là encore, « aucune preuve scientifique ».

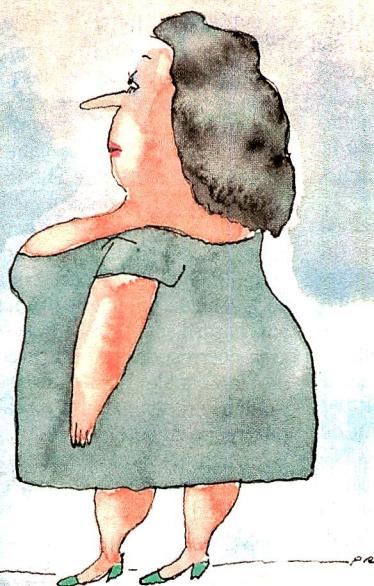
Et pour cause : le laser qu'on trouve chez l'esthéticienne et même certains médecins, et qui rayonne dans le rouge, est un laser dit « froid » ou « soft laser ». L'énergie thermique qu'il émet est quasi nulle : sa puissance est de l'ordre de 1 à 15 milliwatts. De tels dispositifs ont leur place dans les éclairages à spots des discothèques ou des salles de spectacle, pas dans des lieux où l'on prétend donner des soins thérapeutiques.

Le docteur Jacques Faivre, président de la société française de chirurgie esthétique, met car-



par Michel ROUZÉ

# ET TAIS-TOI !



rément en cause l'honnêteté de ceux qui prétendent les utiliser pour vaincre l'obésité ou pour réparer des années d'irréparable outrage : « Les lasers anti-rides ou anti-cellulite, déclare-t-il, n'ont aucune utilité thérapeutique. C'est une escroquerie mise à la disposition des médecins et des esthéticiennes. Ces gadgets ne doivent pas être confondus avec le laser argon, dont la puissance d'utilisation en dermatologie varie entre 1 et 2,5 watts, ou le laser CO<sub>2</sub>, dont la puissance va de 5 à 20 watts, et qui est un véritable bistouri optique, utilisé notamment pour l'exérèse de tumeurs malignes.

Certains diront peut-être : même si les lasers à prétention esthétique ne peuvent tenir leurs promesses, à quoi bon empêcher leur publicité, du moment qu'ils ne font pas de mal ? Tel n'est pas l'avis du professeur Jean-Paul Escande, qui a dé-

mandé leur interdiction. Il ne saurait y avoir, dit-il, deux poids et deux mesures. L'industrie pharmaceutique est astreinte à des procédures longues et coûteuses pour démontrer non seulement l'innocuité, mais aussi la réalité de l'action thérapeutique des médicaments avant de les mettre sur le marché, « pourquoi, à côté de cela, laisserait-on des charlatans ou des commerçants astucieux faire et dire n'importe quoi ? ».

L'arrêté du 28 juillet peut donc être salué comme une première en ce domaine. Mais il reste permis de s'interroger sur son efficacité, car il suffirait de modifier quelques détails des appareils, de les rebaptiser d'un autre nom, au besoin de monter une nouvelle société distributrice, pour qu'une nouvelle promotion publicitaire échappe aux textes existants. Pour déjouer le stratagème, il faudrait de nouveaux arrêtés, avec les lenteurs administratives inévitables, et le jeu de cache-cache durerait longtemps. D'autant plus que le marché des attrape-gogos amagrisants est un épais maquis dans lequel des coups touchant quelques cibles ponctuelles ne troublent guère l'ensemble de la faune. A côté des dispositifs visés par l'arrêté du 28 juillet, on peut en citer beaucoup d'autres, comme les « champs magnétiques », les cosmétiques et crèmes variées promettant une silhouette élancée en quelques semaines de traitement, et les aliments « diététiques » crédités, entre autres pouvoirs, de celui de faire fondre la fameuse cellulite.

Sur ces dernières, le laboratoire coopératif publie les résultats d'une enquête visant, entre autres, l'huile de bourrache. La bourrache, commune dans nos régions, est une plante à feuilles

poilues traditionnellement employée pour préparer des tisanes « dépuratives ». De ses graines, on extrait une huile contenant environ 20 % d'acide linolénique, un acide gras dont il existe deux formes, dites alpha et gamma. A cette dernière, la publicité d'un produit appelé Gamaline, vendu en capsules dans les pharmacies, prête des vertus merveilleuses. Outre l'obésité, fléau numéro un, l'acide gamma-linolénique est efficace contre le diabète, l'excès de cholestérol, les risques de phlébite, les varices, la mauvaise circulation, les artérites des membres inférieurs, le risque d'infarctus, d'ischémie cérébrale, la sénilité précoce, l'eczéma constitutionnel. En outre, ses métabolites ont les mêmes effets en gynécologie que certaines hormones. Bref, une vraie panacée.

Face à toute publicité sur laquelle il est conduit à s'interroger, le laboratoire coopératif a mis au point une tactique fort simple : il commence par poser des questions au fabricant. Il a donc demandé au laboratoire Phytodif combien sa « Gamaline à l'huile de bourrache » contient de cette huile. Pas de réponse : le Laboratoire coopératif a donc analysé lui-même la Gamaline, en déterminant sa teneur en acide gamma-linolénique. La valeur trouvée correspond à l'incorporation maximale de 5 % d'huile de bourrache dans une huile banale du type huile de tournesol. Conclusion du laboratoire coopératif : il y a environ 1 milligramme d'acide gamma-linolénique par capsule. A raison de 4 capsules par jour on arrive à ingérer 4 mg de cette substance, laquelle revient ainsi, dans la Gamaline, à 1 500 francs le gramme. A supposer qu'elle possède au moins quelques-unes des vertus que lui attribue la publicité, il



*l'ananas : tonifiant sexuel... ?*

faudrait, selon le laboratoire coopératif plusieurs centaines de milligrammes par jour pour en bénéficier. On en est loin. Ce qui n'empêche pas la publicité d'affirmer que "les capsules d'huile de bourrache que viennent (*sic*) de sortir le laboratoire Phytodif combleront largement le déficit en acide gamma-linolénique". L'astuce consiste à suggérer à des gens qui souffrent de maux divers, ou simplement s'imaginent qu'ils risquent d'en souffrir, que cela est peut-être dû à un déficit d'acide gamma-linolénique. Un peu de vocabulaire scientifique, tiré de la chimie ou de la biologie, fortifie ce diagnostic, qui n'a pas été posé par un médecin, et la victime de la pub achètera le produit-miracle, qui, peut-être, ne lui convient pas du tout. En admettant qu'il ne présente en

lui-même aucun danger, il risque, comme toutes les thérapeutiques illusoires, de détourner de vrais malades du vrai traitement médical qui les soulagerait ou les sauverait. Il n'est pas innocent de faire croire à des gens atteints de formes pathologiques d'obésité, ou réellement menacés d'accidents cardio-vasculaires, qu'il suffit pour se tirer d'affaire d'absorber des capsules ou un produit de régime "à" l'huile de bourrache, qui ne figure d'ailleurs pas sur la liste des médicaments reconnus et contrôlés comme tels.

Au "Salon des médecines douces", les enquêteurs du laboratoire coopératif ont remarqué l'"Agevit-Bourrache", une huile de consommation présentée comme un mélange à 80 % d'huile de sésame et 20 % d'huile de bourrache, et qui par ailleurs annonçait une teneur de 20 % d'acide linoléique et de 7 % d'acide linolénique. Ce dernier est un composé dont la formule brute est voisine de celle du précédent, avec deux atomes d'hydrogène en plus dans sa molécule ; la publicité ne le crédite pas des mêmes propriétés amaigrissantes et thérapeutiques. Or il se trouve que l'huile de sésame apporte au maximum 1 % d'acide alpha-linolénique et l'huile de bourrache au maximum 23 % d'acide gamma-linolénique.

Il en résulte que, si le mélange est bien celui qu'annonce l'éti-

quette, la teneur annoncée pour l'acide linolénique (alpha et gamma ensemble) est forcément inexacte ; elle ne peut atteindre 20 %. A l'inverse, la teneur en acide linoléique d'un tel mélange devrait être nettement supérieure aux 7 % annoncés, car le mélange indiqué des deux huiles en contiendrait plus de 30 %.

A l'analyse effectuée par les chimistes de laboratoire, la tromperie s'est révélée encore plus évidente. Le produit ne contient pas du tout d'acide gamma-linolénique (alors que l'huile de bourrache en contient 23 %, comme nous l'avons vu plus haut), et seulement 7,7 % d'acide alpha-linolénique ; par contre, 54 % d'acide linoléique ! Comme par hasard, ce profil en acides gras correspond en fait à celui de la banale huile de soja. Conclusion des experts du laboratoire : « Acheter de l'Agevit-Bourrache revient à acheter de l'huile ordinaire à environ 4 000 F le litre, au lieu de 10 à 15 F ! ». Les médecines "douces" ne le sont pas toujours pour les budgets familiaux. Ajoutons que l'acide linolénique se trouve dans d'autres huiles que l'huile de bourrache, et dans des tissus animaux comme la chair du hareng...

Autres produits "amaigrissants" proposés dans les pharmacies, les boutiques diététiques et même dans des boulangeries : les extraits de fruits ou de plantes en gélules. Leur vente est propulsée par une publicité omniprésente : prospectus, annonces, articles de presse féminine et programmes télévisés. Les chimistes du laboratoire coopératif ont choisi d'analyser les gélules d'ananas, présentées comme amincissantes.

Pour en célébrer les mérites, les fabricants ne trouvent pas de métaphores assez enthousiastes : « Le ferment de la poudre d'ananas mange littéralement vos kilos en trop. La broméline est capable de digérer 1 000 fois son poids de protéines. » « L'ananas est, de plus, un tonifiant sexuel et son ferment, la broméline, mange lit-



*une boisson contre l'impuissance*

téralement le poids.» « L'ananas, très riche en vitamines, contient en outre la précieuse broméline, véritable mange-grasse... »

Passons sur les vertus de l'ananas comme tonifiant sexuel. S'il est un domaine où se manifeste dans toute sa beauté l'effet placebo, c'est-à-dire le pouvoir de la suggestion attribuant une efficacité quelconque à un produit par lui-même inerte, c'est bien celui de l'impuissance virile ou de la frigidité féminine. Dans les années qui suivirent la Deuxième Guerre mondiale, la vente d'une boisson américaine bien connue augmenta prodigieusement en Afrique du Nord lorsque le bruit se fut répandu (peut-être lancé par des promoteurs astucieux) qu'elle possédait des vertus aphrodisiaques...

Revenons à l'ananas, et à cette broméline censée lui conférer des pouvoirs amaigrissants (pardon ! "amincissants"). La broméline est le terme générique par lequel on désigne les protéases — c'est-à-dire les enzymes favorisant la digestion des protéines — produites par les plantes de la famille des Bromélacées, dont l'ananas. C'est la tige — non le fruit — qui est la partie de la plante la mieux pourvue en broméline.

Premier point : la broméline est une protéase, non une lipase ; autrement dit, son activité enzymatique s'exerce sur les protéines et absolument pas sur les graisses, généralement responsables de l'excès d'embolpoint féminin. Aussi n'est-il pas surprenant que, sur les cinq marques de gélules d'ananas testées par le Laboratoire coopératif, aucune n'ait manifesté la moindre activité de digestion des lipides. Ces "mange-grasse" manquent d'appétit...

*Quid* des protéines ? Dans l'organisme, leur digestion est assurée, dans l'intestin grêle, par les enzymes du suc pancréatique. Le laboratoire de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) s'est chargé d'analyser l'activité protéolytique des cinq marques de gélules d'ananas, comparée à

celle du suc pancréatique. Les résultats sont éloquents. Si l'on note 100 l'activité protéolytique du suc sécrété par le pancréas, celle de la marque de gélules la mieux placée (qui utilise la tige) prend la valeur 6,5. Une autre gélule, elle aussi tirée de la tige, tombe à 0,8 %. Une troisième, d'origine non indiquée, obtient le score 3,4. Enfin, avec une gélule tirée du fruit et une autre d'origine non indiquée, on tombe à zéro : aucune action sur les protéines.

**C**onclusion : l'activité protéolytique des gélules d'ananas varie d'une marque à l'autre, mais dans tous les cas elle est négligeable par rapport à celle du suc pancréatique qui assure la digestion au niveau de l'intestin grêle. A supposer (hypothèse la plus favorable) que les enzymes des gélules ne soient pas elles-mêmes plus ou moins digérées à leur passage dans l'estomac, leur activité à la dose maximale indiquée, dans le cas des gélules les plus riches en broméline, sera de l'ordre du millième de celle du suc que notre pancréas

produit normalement à raison de 1,5 à 2 litres par jour. L'action "amincissante" des gélules d'ananas est de la frime ! Par contre, elles engraissent... les fabricants et les producteurs d'ananas. Un fruit d'ailleurs excellent, accompagnant fort agréablement la viande de porc.

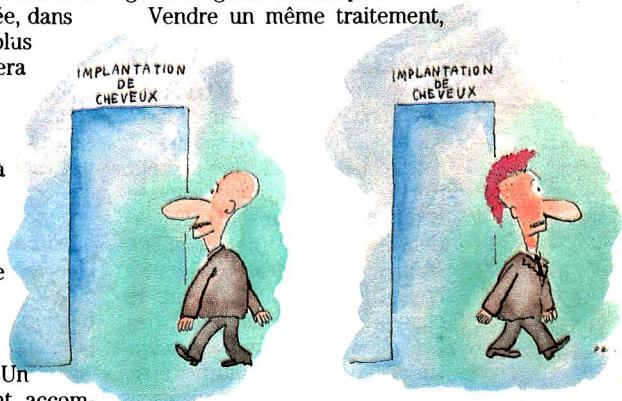
On pourrait encore citer la cosse de haricot, les "multi-protéines", les gélules et extraits divers "bio" ou "phyto", et regretter, avec le bulletin du Laboratoire coopératif, l'exploitation commerciale de données scientifiques encore à l'état d'hypothèses et la vente libre, sans statut bien clair, de produits qui sont vendus ni comme médicaments ni comme aliments diététiques, alors qu'on leur prête des

propriétés mirifiques.

Sous couvert d'information médicale, l'édition magazine d'un journal du soir apprenait il y a quelques mois à ses lecteurs que « l'ozone qui fait fondre la cellulite... et guérit en un mois et demi, est une thérapeutique de l'obésité et de la cellulite tous azimuts ». A l'appui, une grande photo du médecin qui a introduit la méthode en France. Quelques semaines plus tard, dans le même journal, nouvelle photo du même médecin, présenté cette fois comme le seul "habilité" en France à réaliser des implantations de cheveux artificiels, « implantations particulièrement simples et indolores ».

Le commerce des appareils et produits anti-cellulite apparaît donc comme une branche particulière du vaste marché de l'arnaque pseudo-scientifique. La plupart des victimes en sont des gens obsédés par ce qu'ils croient — à tort plus souvent qu'à raison — constituer pour eux et aux yeux d'autrui une grave disgrâce esthétique.

Vendre un même traitement,



quel qu'il soit, comme convenant indistinctement à tous les obèses constitue déjà une tromperie. Les causes d'un excès d'embolpoint sont complexes. Divers facteurs physiologiques et psychiques s'imbriquent, en proportion variable selon les individus.

Une notion essentielle s'est imposée aux médecins et aux biologistes, durant ces dernières décennies : les êtres humains sont inégaux dans la traduction en poids corporel des aliments



qu'ils consomment. A cet égard le bon sens populaire a anticipé les découvertes de la science : l'obèse, dit-il, est une personne "à qui tout profite". A certains obèses il suffit d'absorber en l'espace de quelques jours un excédent de nourritures correspondant à 2 500 calories pour que leur poids augmente de 1 kg, alors que la plupart des gens, pour atteindre le même résultat, doivent consommer en moyenne 6 000 à 7 000 calories, jusqu'à 9 000 calories pour certains maigres constitutionnels.

Dans leur service d'endocrinologie et de nutrition de l'hôpital Beaujon, le professeur Pierre Klotz (aujourd'hui disparu) et son collaborateur le docteur Hervé Elmaleh avaient naguère confié quelques-uns de leurs patients à un nutritionniste éminent, le professeur Trémolières, dont l'unité disposait de chambres où l'alimentation des occupants était rigoureusement surveillée : la nourriture était pesée, on établissait un bilan soigneux des substances absorbées et excrétées, le métabolisme était suivi de près par des contrôles sanguins et urinaires. Les résultats furent éloquents : une patiente présentant une forte obésité ne pouvait perdre du poids qu'à condition d'être soumise à un régime de famine, inférieur à 600 calories par jour. Une autre (qui pesait 1,900 kg à la naissance et 23,600 kg à 17 ans pour 1,47 m) ne grossissait qu'avec un régime supérieur à 3 300 calories par jour.

Injuste comme bien d'autres inégalités, celle qui fait varier à ce point selon les

individus le taux d'utilisation pondérale des calories alimentaires suffit à démontrer que les obèses ne sont pas nécessairement des mangeurs excessifs.

Certes, il en est de boulimiques (ou, si l'on préfère, polyphages).

Sur 373 cas d'obésité féminine qu'ils ont étudiés à l'hôpital Beaujon, le Pr Klotz et le Dr Elmaleh avaient noté 51 fois une suralimentation "énorme", 136 fois un déclenchement neuro-psychogène, 132 fois un déclenchement neuro-endocrinogène, 124 fois un facteur constitutionnel prédisposant, 23 fois une lésion des centres nerveux.

dants. Mais comme presque toujours lorsque des facteurs héréditaires sont en cause, la discussion s'est longtemps poursuivie sur la part de l'héritage socio-culturel (mauvaises habitudes alimentaires) et celle de l'hérédité vraie, inscrite dans les gènes. Notons cependant que les recherches les plus récentes tendent à mettre l'accent sur les facteurs génétiques.

Si l'on reprend les résultats notés un peu plus haut, on remarque que le total des causes invoquées (466) dépasse celui des cas étudiés (373), ce qui implique que, dans de nombreux cas, plusieurs annotations se recoupent : chez une même patiente obèse on entrevoit la convergence de plusieurs causes. La polyphagie, par exemple, peut résulter d'une atteinte lésionnelle, d'une souffrance psychique (frustration affective), d'un trouble dans l'utilisation des sucres par les cellules, trouble qui pourrait être d'origine endocrinienne ou génétique. De cette diversité étiologique, qui est bien loin d'être entièrement démêlée, on peut en tout cas conclure qu'il ne saurait exister de médicament ou de régime convenant également à toutes les obésités. On sait pourtant que des patientes (et quelquefois des patients) se sont vu prescrire, par des médecins "spécialistes", des produits qui les ont effectivement fait maigrir. Parfois même d'une manière radicale : ils en sont morts, et les médecins prescripteurs ont eu à en répondre devant la justice.

Quels étaient donc ces traitements amaigrissants ? Nous l'avons demandé au docteur Elmaleh. Il en existe trois sortes, nous a-t-il dit.

**D**ans cette classification, l'obésité à déclenchement neuro-psychogène est celle qui est apparue après un violent choc émotionnel, ou au cours d'une période de surtension nerveuse, de conflits affectifs ou de fatigue. L'obésité à déclenchement neuro-endocrinogène succède à une perturbation du fonctionnement des glandes endocrines (castration, ablation de la thyroïde), ou apparaît lors des ruptures de l'équilibre endocrinien (puberté, grossesse, ménopause). Les lésions du système nerveux central qui peuvent être liées à une obésité se situent essentiellement dans l'hypothalamus ; elles entraînent des modifications de la satiété et de l'appétit, comme l'ont prouvé des expériences réalisées sur des rats de laboratoire.

Enfin, les mêmes chercheurs invoquent un facteur constitutionnel quand le patient avait déjà, à la naissance, un poids nettement supérieur à la moyenne, ou que l'interrogatoire fait apparaître qu'il se trouvait des obèses parmi ses ascen-

« *Primo*, les anorexigènes, autrement dit des réducteurs d'appétit. La plupart sont des dérivés des amphétamines (amines de réveil) dont on "bricole" la molécule pour en diminuer l'effet excitant. Ils conservent malgré tout une action d'éveil et, sur le cœur, une action semblable à celle du

système nerveux sympathique. Dans certains cas, ils peuvent accélérer des tendances dépressives en rapport avec la personnalité du patient. Tout le monde ne risque pas également une dépression, mais certaines personnes plus que d'autres. Comme les amphétamines, ces substances, isolées ou en cocktail avec d'autres, peuvent donner lieu à une accoutumance ou à une toxicomanie.

» *Secundo*, l'extrait thyroïdien, qui n'est efficace comme amaigrissant qu'à condition d'être pris à des doses toxiques. Une petite dose, les endocrinologues le savent bien, augmenterait l'appétit et irait à l'encontre du but cherché. Les fortes doses ont été présentées sous différentes formes : poudre séchée de thyroïde, ou bien une hormone : thyroxine ou triiodothyronine. Dans tous les cas ces substances n'ont d'effet amaigrissant qu'à partir de doses très importantes, qui se fixent en général sur le myocarde et risquent de compromettre, surtout chez un sujet proche de la cinquantaine, l'irrigation du cœur, entraînant ainsi une angine de poitrine ou un infarctus.

» *Tertio*, des diurétiques. Leur effet amaigrissant n'est qu'apparent. Il correspond à une déperdition d'eau. Mais en même temps, la diurèse s'accompagne d'une déperdition de sodium et de potassium. On voit des femmes solliciter l'ordonnance des diurétiques parce que le soir même la dame a un bal ou une sortie. Il faut qu'elle rentre dans sa robe du soir. Elle urinera ses deux litres pour y rentrer à coup sûr. Et tout est à recommencer le lendemain. En outre, certains sujets tolèrent très mal une perturbation de l'équilibre sodium-potassium.

— Même une fois par hasard ? — Une prise isolée n'est pas grave, même si elle peut entraîner un malaise, mais c'est différent quand il s'agit de femmes obèses qui s'efforcent, non sans mal, de suivre un régime le plus souvent mal conçu où elles se privent absolument de tout, en suivant un traitement qui combine les trois drogues amaigrissantes que nous avons citées. Le réducteur d'appétit fait qu'on ne mange plus rien. Les gens ne sont pas seulement sous-alimentés, mais dénutris. Ne consommant rien ou ne consommant que ce dont ils ont envie à l'occasion, ils brûlent leurs propres protéines. Des protéines musculaires et pas du tout de graisses de réserve. Ces protéines sont digérées (c'est ce qui se produit avec l'extrait thyroïdien), avec leurs constituants

minéraux, dont les diurétiques facilitent l'élimination. Le problème est très compliqué chez les sujets qui prennent un cachet contenant les trois drogues... En principe, c'est interdit. Il est interdit de mettre dans un même cachet des produits qu'on récupère sur des médicaments différents. Le pharmacien n'a pas le droit de fabriquer une capsule avec de la thyroxine, un diurétique et un anoréxigène.

— Même si le médecin l'a prescrit ?

— Même si le médecin le prescrit. C'est interdit au médecin, ça !

— Ceux qui ont eu maille à partir avec la justice...

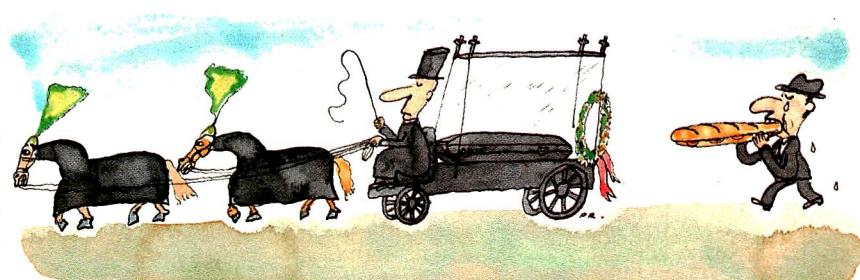
— ... prescrivaient ce mélange. Et de surcroît, ils se présentaient comme homéopathes-amaigrisseurs. Ils enrobaient cet ensemble éminemment toxique dans une formule anodine comportant une dilution à quelques centésimales de poudre de perlépinpin. C'était ça, ces dilutions homéopathiques de thuya ou d'hypothalamus, pour faire plus savant — on se demande à quoi ça sert, plus quarante centigrammes d'extrait thyroïdien, plus un diurétique majeur, plus un réducteur d'appétit, qu'on prend le matin et le soir pour rester sous l'effet anoréxigène. Moyennant quoi on ne peut pas ne pas maigrir, mais on palpite, on déprime, on risque de déclencher un diabète, puisque les diurétiques agissent sur le métabolisme des sucres, ou une crise de goutte. Certains médecins astucieux ajoutent un sédatif pour combattre l'effet de l'anoréxigène, qui est un psychostimulant pouvant entraîner l'insomnie...

— Et le client — ou la cliente — supportait ce traitement ?

— Ils ne le supportent qu'un certain temps. La plupart étaient obligés de l'arrêter, non parce qu'ils n'en voulaient plus, mais parce qu'ils se trouvaient mal, ils tremblaient, ils faisaient des crises d'angine de poitrine, des troubles qui sont allés dans quelques cas jusqu'à la mort. Ce qui est bizarre, c'est l'attitude de ces patients. Ils se doutent bien qu'il y a là quelque chose d'anormal, que leur "obésologue" n'est pas blanc comme neige. Alors, quand ça ne va pas, ils viennent voir un



*Illustration : P. D. - 1981*



endocrinologue. Puis, au bout d'un mois, ils retournent chez l'obésologue-amaigrisseur, suivent ses prescriptions pendant trois ou quatre mois, avant d'arrêter et de revenir encore chez un autre médecin s'assurer que leur cœur a tenu le coup et que tout va bien. Et ils reprennent du poids parce qu'ils ne peuvent pas ne pas en reprendre. Quand ils ne présentent pas déjà, dans l'immédiat ou à terme, une dépression nerveuse ou une histoire thyroïdienne.

Quand une femme ou un homme viennent vous consulter parce qu'ils se trouvent obèses et veulent maigrir, que leur dites-vous ?

— Il faut voir que le mal dont ils souffrent le plus souvent est ce qu'on pourrait appeler de la dysmorphophobie. L'obsession d'avoir un physique dont la forme ne vous convient pas. Permettez une comparaison. Si l'on est prêt à reconnaître qu'il y a diverses races de chiens, des dogues, des bassets, des lévriers, on doit admettre que chez les humains ça se passe un peu comme ça. Il y a des gens courts sur pattes, brévilignes, d'autres longilignes, des gens qui ont tendance à la rondeur ou à la maigreur quoi qu'on fasse. Or la plupart des gens, à un moment de leur existence, ne s'aiment pas.

» Ils ne savent pas très bien pourquoi ils ne s'aiment pas, mais il faut bien que ça se fixe quelque part, et les niveaux aux-

quels ça se fixe sont le plus souvent déterminés par les médias. La mode est régie par des couturiers qui veulent que les clientes qu'ils habillent ressemblent à de jeunes garçons. D'où le goût pour les filles faites comme des porte-manteaux : peu de chose là où il en faudrait davantage. En outre, depuis le début du siècle, on s'est mis à voyager bien plus qu'autrefois. Et il est plus facile de voyager quand on pèse 60 kg que 120. Tout cela finit par faire ressentir l'obésité comme quelque chose d'intolérable. Alors, pour revenir à votre question, voici ce que je dis à la dame dysmorphophobe : Madame, vous avez un certain embonpoint, mais il n'y a rien de médical qui m'autorise à vous conseiller de maigrir. Si c'est vous qui le souhaitez, la décision vous appartient. Tout ce que je puis, moi, c'est vous aider à le faire sans risque. »

Bien sûr, une minorité d'obèses ne sont pas seulement des dysmorphophobes. La réduction pondérale peut être exigée par un état pathologique. Si le patient est un rhumatisant dont les articulations ne supportent pas l'excès de poids, ou un diabétique hypertendu, l'amaigrissement fait partie du traitement. Autre exemple : la maladie de Cushing. Cette affection est liée à un hyperfonctionnement des glandes cortico-surrénales, dont les causes, et donc le traitement spécifique,

peuvent varier. Elle entraîne chez la femme une obésité de type androïde, qui caricature la disposition des graisses chez l'homme : cou, thorax, racines des membres.

« Quand l'amaigrissement est une nécessité thérapeutique, poursuit notre interlocuteur, c'est moi qui prends l'initiative. Je dis par exemple au patient : Vous êtes diabétique, un diabète de la maturité, vous n'arrivez à vous équilibrer un peu mieux que si vous perdez dix à quinze kilos. Et il le fait... ou ne le fait pas. »

Qu'il constitue (cas de loin le moins fréquent) un impératif médical, ou qu'il réponde à une exigence personnelle du patient, un traitement visant à réduire le poids est avant tout un régime hypocalorique, adapté à chaque cas. La psychothérapie, sous diverses formes, peut y jouer un rôle. Quant aux drogues, les seules à utiliser sont des sédatifs ou des antidépresseurs destinés à combattre une anxiété génératrice de boulimie. Car il y a un cercle vicieux, poursuit le Dr Elmaleh : « On est dysmorphophobe, on s'interdit de manger, en particulier aux repas, puisque c'est là-dessus que portent les interdictions. Alors on regarde les autres manger de tout, puis les enfants vont à l'école, on reste à la maison, on commence par résister, puis les résistances sautent, on prend un chocolat, un biscuit, on ouvre le pot de confiture, on mange tant et plus. On se sent affreusement coupable, au repas suivant on ne prend rien, et, avant la fin de la soirée, le cycle recommence, plus ou moins modifié. J'avertis mes patients. Vous voulez maigrir ? Attention : il est exclu que vous maigrissiez une fois pour toutes en trois mois. Vous perdrez un certain nombre de kilos en trois mois, mais il vous faudra entrer en régime comme on entre en religion. Pour un très long moment. »

L'organisme humain n'est pas comme un moteur d'automobile qui consomme le même nombre de litres de carburant par kilo-



mètre quel que soit le contenu du réservoir. Au moment où un obèse décide de se mettre au régime, son poids est en équilibre avec une consommation quotidienne de 2 000 ou 3 000 calories. S'il se met à réduire de manière importante son alimentation, l'organisme, de lui-même, tend à réduire ses dépenses. Tout se passe comme si nous possédions quelque part, dans l'hypothalamus probablement, un pondérostat, un mécanisme qui règle le métabolisme de manière à maintenir autant que possible le poids du corps autour d'un point d'équilibre. « Ne nous plaignons pas trop, remarque le docteur Elmaleh. Si le mécanisme n'existe pas, nous ne serions pas là, vous et moi. Les famines auraient eu raison de l'espèce humaine. Mais un mécanisme qui assure la survie de l'espèce vient gêner le traitement de l'obésité. »

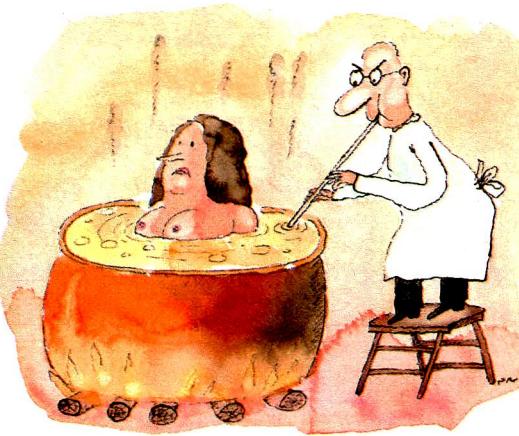
Cependant, même dans cette branche difficile de la médecine, on enregistre des progrès : « Des travaux récents dus à un chercheur du MIT, Durtman, ont mis en évidence certains effets de la nourriture sur le comportement. C'est ainsi qu'un régime riche en sucre et en sucreries tend à éléver les quantités de sérotonine (un médiateur chimique du système nerveux) dans les synapses des neurones du cerveau, un peu comme font les antidépresseurs.

» Et de fait beaucoup d'obèses reconnaissent que leurs angoisses et leur tension nerveuse sont calmées quand ils absorbent du sucre. Ainsi, en dehors du contrôle global de la prise alimentaire exercé par le pondérostat, il existerait un mécanisme plus fin capable d'assurer une sélection diététique. Il y aurait une boucle : prise d'un aliment donné/synthèse et libération du neuromédiateur correspondant/choix d'un aliment lors du repas suivant. Dès lors, un agent qui aurait pour effet de libérer de la sérotonine réduirait du même coup le besoin en hydrates de carbone et orienterait le choix des aliments vers les

protéines. Or on connaît une telle drogue : c'est la d-fenfluramine. Il y a là une orientation nouvelle du traitement des surcharges pondérales. »

Des médecins moins soucieux du devenir de l'obèse que de l'éblouir par des promesses démagogiques peuvent provoquer des catastrophes. S'il suit son régime et prend les drogues prescrites (même dangereuses), le patient commence à perdre les quelques kilos qu'il voulait perdre. Satisfait d'un résultat qu'il croit définitif, il relâche son traitement sans précaution. Il se produit alors le même phénomène que si on lâche le poids d'une horloge après l'avoir déplacé : il prend sa course en sens inverse et dépasse le point de départ. Libéré de toute contrainte, le pondérostat s'emballer et dépasse le point d'équilibre antérieur. On aboutit à des reprises de poids fantastiques qui aggravent l'obésité qu'on voulait guérir.

**S**i l'on est rigoureux, conclut le docteur Elmaleh, on n'est pas obligé d'entrer dans les vues du patient. Il faut savoir récuser un nombre non négligeable de patients qui viennent vous voir pour maigrir. En particulier ceux dont on peut penser qu'ils n'ont pas l'intention de suivre leur régime de manière assez longue et suivie : de la manière dont l'affaire va s'engager, elle se soldera nécessairement par une reprise de poids. Le patient vous dit : Docteur, je voudrais perdre dix kilos. On discute, on voit si c'est justifié ou non. S'il s'agit de raisons personnelles, psychologiques, bon, d'accord ! Je veux bien, chère Madame (ou Monsieur), mais voilà dans quelles conditions vous allez maigrir. Vous allez perdre du poids comme ceci et comme cela, mais si vous n'êtes pas capable d'observer ce régime sur deux ans, d'être suivie avec une certaine régularité, de tenir compte de ce qui vous est dit, ne



commencez pas. C'est ce que j'appelle récuser.

— Après quoi, votre cliente ira acheter une drogue quelconque dans un magasin diététique... ?

— C'est ce qu'elle finit par faire. Ou bien elle cherche jusqu'à ce qu'elle trouve le dernier des "obésologues". Au moins je l'aurai mise en garde : « Il y a des gens, Madame, qui vous prescriront encore maintenant des extraits thyroïdiens, des diurétiques et des réducteurs d'appétit. Ne comptez pas sur moi pour faire ça. Après tout, vous êtes libre d'aller où vous voulez, mais sachez que vous jouez avec votre vie. Vous pouvez aussi dépenser une fortune dans les magasins de diététique en prenant des extraits d'ananas : c'est très efficace à condition qu'on ne mange que ça mais ce n'est vraiment pas très nourrissant ! Vous pouvez aussi vous ruiner en ionisations, en multipiqures et en bricolothérapies géniales comportant le laser (puisque le laser est actuellement à toutes les sauces), qui auront un effet amaigrissant sur votre portemonnaie, mais difficilement sur votre poids. Là, il n'y a même aucune chance pour que ça vous fasse quoi que ce soit. On peut dire que tous ces obésologues sont des lipophages, puisqu'ils se nourrissent de votre graisse. »

Et nous voilà, après ce long détour, revenus à l'arrêté du 28 juillet. Avec l'impression qu'il gagnerait à être complété... ●

# Changez vos rencontres!



Désormais, rencontrez des partenaires dont le caractère, l'affectivité et même la sexualité seront complémentaires des vôtres. C'est la chance fantastique que vous offre ION.

Le monde change. Changez aussi votre façon de découvrir celle que vous cherchez pour la vie.

**Votre questionnaire vous attend. Demandez-le vite !**

Ce progrès scientifique est l'œuvre d'une équipe de psychographologues expérimentés. Démontré par un succès de 30 ans, il a été diffusé spontanément plus de 300 fois par la Presse, à la Radio et à la Télévision.

## ION International

Institut de Psychologie fondé en 1950  
PARIS - BRUXELLES - GENEVE

opp

**BON GRATUIT**



Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement, sous pli cacheté et neutre, mon questionnaire et votre brochure de 24 pages en couleurs "Pour un Couple Nouveau".

M., Mme, Mlle \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_ Age \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

■ ION FRANCE (SV 14) - 94, rue Saint-Lazare, 75009 PARIS - Tél. (1) 45.26.70.85

■ ION MIDI-AQUITaine (SVM 14) - 16, rue Nungesser et Coli - 31300 TOULOUSE - Tél. 61.59.48.58

■ ION BELGIQUE (SVB 14) - Rue du Marché-aux-Herbes 105, Boite 21 - 1000 BRUXELLES - Tél. 511.74.30

■ ION SUISSE (SVS 14) - 10, rue Petitot, 1211 GENEVE-11 Tél. (022) 21.75.01

Nouvelle méthode plus facile, plus efficace

## votre première leçon D'ANGLAIS OU D'ALLEMAND GRATUITE

avec cette cassette d'essai  
de la méthode réflexe orale



Connaître une langue, ce n'est pas déchiffrer lentement quelques lignes d'un texte écrit. Pour nous, connaître une langue, c'est comprendre instantanément ce qui vous est dit et pouvoir répondre immédiatement.

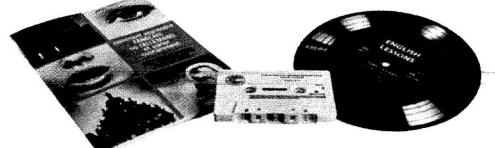
La méthode réflexe-orale a été conçue pour arriver à ce résultat. Non seulement elle vous donne de solides connaissances, mais surtout elle vous amène infailliblement à parler la langue que vous avez choisi d'apprendre. C'est une méthode progressive, qui commence par des leçons très faciles et vous amène peu à peu à un niveau supérieur. Sans avoir jamais quoi que ce soit à apprendre par cœur, vous arriverez à comprendre rapidement la conversation ou la radio, ou encore les journaux, et vous commencerez à penser dans la langue et à parler naturellement. Tous ceux qui l'ont essayée sont du même avis : la méthode réflexe-orale vous amène à parler une langue dans un délai record. Elle convient aussi bien aux débutants qui n'ont jamais étudié une langue qu'à ceux qui, ayant pris un mauvais départ, ressentent la nécessité de rafraîchir leurs connaissances et d'arriver à bien parler. Les résultats sont tels que ceux qui ont suivi cette méthode pendant quelques mois semblent avoir étudié pendant des années ou séjourné longtemps en Angleterre ou en Allemagne.

La méthode réflexe-orale a été conçue spécialement pour être étudiée chez soi. Vous pouvez donc apprendre l'anglais ou l'allemand chez vous à vos heures de liberté, où que vous habitez et quelles que soient vos occupations. En consacrant moins d'une demi-heure par jour à cette étude qui vous passionnera, vous commencerez à vous "débrouiller" dans deux mois et, lorsque vous aurez terminé trois mois plus tard, vous parviendrez à parler couramment avec un accent impeccable, ce qui d'ailleurs a stupéfié des spécialistes de l'enseignement.

Commencez dès que possible à apprendre la langue que vous avez choisie avec la méthode réflexe-orale. Rien ne peut vous rapporter autant avec un si petit effort. Dans le monde d'aujourd'hui, parler une langue est un atout essentiel à votre réussite.

**GRATUITS**

1 cassette + 1 leçon  
+ 1 brochure



Bon à retourner à Centre d'Études Service A14.1,  
1, avenue Stéphane-Mallarmé 75017 Paris

Envoyez-moi gratuitement et sans engagement votre brochure "Comment apprendre l'anglais ou l'allemand et parler couramment" ainsi que :

la cassette d'essai      ou       le disque d'essai  
 Anglais      ou       Allemand

(Joindre 3 timbres pour frais : pour pays hors Europe joindre 5 coupons-réponse.)

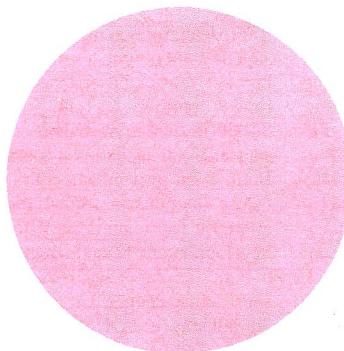
MON NOM

(en majuscules SVP)

MON ADRESSE

Code postal (5 chiffres)

Ville



## ASTRONAUTIQUE

**LE SOLEIL LEVANT  
DANS L'ESPACE**

**L**e 27 janvier 1988, la navette spatiale américaine emportera sur une orbite de 300 km, pendant sept jours, un module pressurisé Spacelab et l'équipage comprendra le premier astronaute nippon. Après avoir reçu 533 candidatures en deux mois, la NASDA (*National Space Development Agency*), l'agence spatiale japonaise, a présenté en août dernier les trois finalistes, dont l'entraînement a commencé aux Etats-Unis en octobre, en vue de la sélection ultime, début 1987. Les trois célestes élus sont Mamoru Mohri, un chimiste de 37 ans, spécialiste de la physique dans le vide, Takao Doi, un ingénieur en propulsion de 31 ans, et une demoiselle de 33 ans, Chiaki Naito, spécialiste de chirurgie cardiovasculaire à l'université Keio de Tokyo.

*(suite du texte page 62)*

# ASTRONAUTIQUE

(suite de la page 61)



C. Naito

Le Japon sera ainsi le cinquième pays d'Asie dont un ressortissant volera dans l'espace, après le Vietnam (*Soyouz 37*, en 1980), la Mongolie (*Soyouz 38*, en 1981), l'Inde et l'Arabie saoudite, et avant le Pakistan, la Corée du Sud, les Philippines et la Chine (en 1989), plus ou moins invités à bord de la navette (l'Indonésie a décliné les propositions américaines). Pour faire couleur locale, la NASA a précisé que M. Mohri pratiquait la cérémonie du thé (difficile en apesanteur).

Les trente-quatre expériences japonaises, soit une masse de 1 350 kg, occuperont trois "double racks", ces armoires couvrant les parois du *Spacelab*, c'est-à-dire le tiers de la capacité du module. Douze des expériences portent sur les sciences de la vie, vingt-deux, sur l'élaboration de matériaux. Parmi les premières, on relève celle de l'université de Kyoto : environ 20 000 œufs de drosophiles, petites mouches parasitant les fruits et abondamment utilisées pour la recherche, tant sur terre que dans l'espace, écloront dans l'ambiance tiède d'un incubateur ; des expériences en fusées-sondes ont montré que l'irradiation des œufs par le rayonnement cosmique provoque des mutations génétiques produisant chez les mouches des ailes recourbées et velues. On testera donc à bord de la navette des écrans de protection contre les radiations, qui équipieront en 1992 le module expérimental de 20 m<sup>3</sup> que le Japon, aux termes d'un accord passé le 9 mai avec la NASA, arrimera à la future station spatiale américaine. La même expérience sera tentée sur des germes de soja.

Une autre expérience ressemble à l'étude "Posture" menée par la France lors du vol de Patrick Baudry : elle consistera à évaluer la perturbation par l'apesanteur du contrôle de l'équilibre par la vision et l'oreille interne, cette fois-ci chez deux carpes : l'une d'elles aura subi une ablation des otolithes, petits cristaux situés dans l'oreille interne qui exercent sur des cils une traction plus ou moins grande selon l'inclinaison du sujet, et lui permettent de déterminer la verticale.

Les carpes tournent normalement le dos à la lumière : or, à bord de *Skylab*, en 1973, deux autres carpes avaient été complètement désorientées par l'apesanteur et fait des loo-

pings dans leur aquarium, ce qui indiquerait qu'elles s'orientent davantage par l'oreille interne que d'après la direction de la lumière. Les Japonais ont obtenu les mêmes résultats sur une carpe et trois poissons rouges largués en chute libre à 30 000 m depuis un ballon et subissant ainsi 20 secondes d'apesanteur. Enfin, il est prévu qu'au cours du vol éclose un poussin ; on étudiera les effets de l'absence de gravité sur le développement de son squelette.

Pour les Japonais, l'essentiel est sans doute ailleurs. Le vol coûtera \$ 80 millions à la *NASDA*, dont un ticket d'embarquement de 37 millions payés à la NASA : au Japon, une telle somme doit être rentabilisée. Le but du programme *FMPT* (*First Material Processing Test*), préparé depuis 1979, est donc, à présent que l'époque des recherches en fusées-sondes est terminée, la fabrication en apesanteur d'échantillons de matériaux pour l'électronique de demain ; le Centre de politique spatiale, un consultant de Cambridge (Etats-Unis) estime que la production de cristaux de semi-conducteurs parfaits en apesanteur représentera en l'an 2000 un marché de \$ 41,6 milliards. Aussi la *NASDA* indique-t-elle que les expériences lui ont été soumises par « les organisations nationales de recherches, les universités, les compagnies privées, etc. ». Détail caractéristique de la mentalité des entreprises japonaises, 42 % des candidats au vol venaient du secteur privé.

Le *MITI* japonais a donc mis au point un programme spatial sur dix ans dont la première phase, jusqu'en 1990, vise à l'utilisation, comme bancs d'essai, des laboratoires spatiaux étrangers. Fin 1984, l'Association de recherche pour l'information sur le développement de l'espace se préparait à louer à la NASA un avion *KC-135*, permettant des vols hyperboliques produisant quelques secondes d'apesanteur, pour en montrer les joies aux entreprises du pays.

A bord du *Spacelab*, l'astronaute japonais préparera donc dans un four des alliages de nickel, du verre ultradur pour applications optiques, mais surtout des matériaux supraconducteurs — on ignore lesquels — et un semi-conducteur amorphe, un composé de silicium, d'arsenic et de tellure dopé au nickel. Enfin, une nouvelle technique de fabrication de matériaux sera étudiée.

En apesanteur, un liquide ou un matériau en fusion forme une boule et flotte librement : on peut donc réaliser des réactions sans aucune contamination par contact des parois d'un creuset. Pour maintenir cette boule en place, un physicien américain du Jet Propulsion Laboratory, Taylor Wang, a songé à la placer entre trois haut-parleurs : en l'absence d'autres forces, les ondes sonores constituent un état. Taylor Wang et son expérience ont volé à bord de la navette en mai dernier. Une centaine d'entreprises sont intéressées par ses résultats et la compagnie Rockwell propose déjà le même système dans un kit, le *Fluid Experiments Apparatus*.

Du côté des sciences de la vie également, il est à prévoir que le vol du *Spacelab* va rapporter : la croissance de cristaux d'enzymes et deux expériences d'électrophorèse sont au programme ; rappelons que cette dernière technique est la séparation dans un champ électrique, en l'occurrence, de deux échantillons de cellules et du mélange de deux substances biologiques, avec un rendement qui peut être en apesanteur 700 fois plus élevé que sur Terre. A l'horizon très proche : un marché de plus de \$ 26 milliards en l'an 2 000 et des médicaments contre le cancer.

Il est donc clair que le vol du 27 janvier 1988 ira bien au-delà de la recherche pure, et qu'il y aura des suites. L'année dernière, le bruit courait de l'association de plusieurs sociétés pharmaceutiques japonaises avec *McDonnell Douglas*. Les choses sont plus nettes concernant les matériaux : après que l'Américain *Grumann* eut ouvert la voie en annonçant pour 1987 la fabrication d'arsénure de gallium ultra-pur (le semi-conducteur qui va remplacer le silicium) à bord de la navette, pas moins de cinquante firmes japonaises se sont groupées derrière *Mitsui*, *Mitsubishi*, *Sumitomo* et *Fuyo* pour passer des accords avec les Américains. *C-Itoh*, déjà liée à *Materials Research Associates*, prévoit de produire dans l'espace 40 kg d'arsénure de gallium par an — un matériau cent fois plus cher que l'or. Et il y aura d'autres Japonais dans l'espace : \$ 83 000 ont déjà été attribués à l'étude d'une navette spatiale de neuf tonnes qui volerait en l'an 2 000, 1,2 milliard à la coopération à la station spatiale, et même les Soviétiques ont invité en avril un astronaute japonais à voler à bord d'un *Saliout*.

s.c.

## MATHS

## UN NOMBRE PREMIER DE PLUS

**E**n 1608, Mersenne découvrait que si  $2^p - 1$  est premier, alors  $n$  est premier (les nombres premiers sont ceux qui n'ont d'autres diviseurs qu'eux-mêmes et l'unité, par exemple, 1, 2, 3, 5, ..., 13, ..., 29, ETC.). Mais la réciproque, conjoncture par Mersenne est fausse : si  $p$  est premier,  $2^p - 1$  n'est pas forcément premier. On ignore encore si la suite des nombres premiers de Mersenne est finie ou infinie (celle des nombres premiers étant, elle, infinie), et le seul moyen d'en découvrir un nouveau c'est de prendre un nombre premier  $p$ , de calculer  $2^p$ , de lui retrancher 1 et de voir si le résultat est premier.

C'est là que réside toute la difficulté, et que l'aide des ordinateurs s'est avérée indispensable. Calculer  $2^p - 1$  n'est pas très difficile, mais déterminer si le résultat est un nombre premier est d'une redoutable complexité et réclame des calculatrices de très haut niveau capables de faire des millions et des millions d'opérations arithmétiques et des tests logiques en un temps très court.

Jusqu'ici, le plus grand nombre premier de Mersenne était 2 à la puissance 132 049 auquel on retranchait 1. Ce nombre de 39 751 chiffres (le 29<sup>e</sup> nombre de Mersenne) avait été trouvé en 1983 par M. Slowinski.

Or, pour tester un nouvel ordinateur ultra-puissant, les chercheurs de la Chevron Geoscience Co à Houston (Texas), ont appliqué un programme encore plus performant, de Slowinski, et découvert le plus grand nombre premier de Mersenne ; c'est 2 puissance 216 091, moins 1. Ce nombre a 65 050 chiffres et réclamerait deux pages au format quotidien pour être écrit en entier. L'ordinateur est un Cray X-MP et ce calcul a permis de vérifier sa fiabilité en lui faisant exécuter des milliards d'opérations et de tests. C'est une méthode souvent utilisée pour tester la vitesse d'exécution des calculatrices.

Notons que le programme n'a pas testé tous les nombres de Mersenne entre 132 049 et 216 091. **R.D.L.T.**

## HÉMATOLOGIE

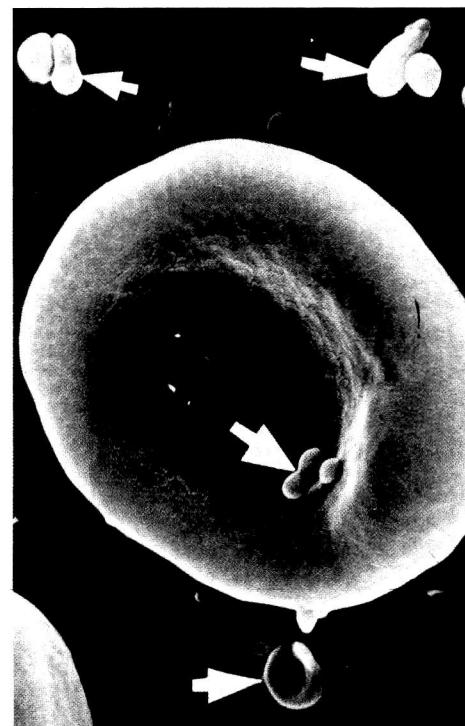
## GLOBULES ROUGES FAITS MAIN

**C**e sont les plus petites prothèses jamais fabriquées par l'homme : moins d'un micromètre (un millième de millimètre) de diamètre. Il s'agit de globules rouges (ou hématoïdes) synthétiques, capables de transporter de l'oxygène dans les tissus de l'organisme. L'essai sur le rat a été concluant : les globules artificiels lui permettent de survivre à une perte de sang autrement fatale. Elles permettraient en cas d'urgence de maintenir en vie des victimes d'un accident, ayant perdu beaucoup de sang, jusqu'à ce qu'elles puissent recevoir une transfusion. Des victimes d'infarctus cardiaque ou de congestion cérébrale, dont les organes vitaux sont menacés par le manque d'oxygène, pourraient aussi en bénéficier.

Ces microsphères ont des membranes faites de 4 sortes de molécules graisseuses (phospholipides et cholestérol) ; à l'intérieur de cette capsule se trouve de l'hémoglobine, pigment sanguin contenant de grosses protéines construites autour d'un atome de fer, et capables de capturer, puis de libérer, des molécules d'oxygène. L'oxygène traverse facilement cette membrane graisseuse dans les deux sens.

Des globules artificiels ont été injectés avec du sérum physiologique à des rats qui avaient perdu jusqu'à 95 % de leur sang. Grâce à la transfusion, les animaux ont survécu pendant plus de 18 h, pendant que les globules artificiels étaient graduellement éliminés de leur organisme. Ces globules artificiels (flèches sur la micrographie) ont un diamètre 10 à 12 fois moindre que celui d'un globule rouge naturel qui mesure, au centre, 7,4 à 8,2 micromètres. Selon le Pr Anthony Hunt, pharmacologue à l'université de Californie, San Francisco, qui a réalisé ces premiers essais, un des grands avantages de ces globules artificiels, ou "néohématies", est qu'ils peuvent être conservés au moins six mois, et qu'on peut les utiliser quel que soit le type sanguin du receveur.

Inconvénient majeur : ce sang artificiel ne contient aucun autre élément sanguin, notamment pas de globules blancs, nécessaires à la défense immunologique de l'organisme. Son utilisation serait à



court terme, en attendant le transport à l'hôpital, ou encore pendant des interventions chirurgicales sur des individus de groupes sanguins rares.

Les "néohématies" présentent, en revanche, plusieurs avantages. Ils sont biodégradables et graduellement éliminés par l'organisme sans provoquer de lésions apparentes, ni de caillots. Leur petite taille leur permet de circuler dans les vaisseaux capillaires les plus étroits et sans doute même dans des capillaires anormalement rétrécis ou partiellement bloqués.

D'autres expériences vont être réalisées chez des animaux avant d'éventuels essais sur l'homme ; ceux-ci n'auront sans doute pas lieu avant un an ou deux. Les "néohématies" ne sont pas le premier substitut sanguin envisagé : le "Fluosol", liquide également capable de transporter de l'oxygène, a été expérimenté depuis plusieurs années, mais les Etats-Unis n'en ont pas autorisé l'utilisation, car il peut provoquer des effets indésirables. **A. D.**

## LA MACHINE À FAIRE DES DISCOURS...

**L**a pratique de la "langue de bois" est, comme le savent tous les gens qui assument de hautes fonctions, un exercice indispensable au pouvoir : elle permet de parler pour ne rien dire, d'enchaîner des lieux communs et des notions vagues avec une précision digne d'admiration et surtout d'éviter de s'engager sur un point précis.

Le tableau ci-après, réalisé par un Français d'après un modèle italien, offre à la fois la démonstration du caractère automatique du langage officiel (ici dans le domaine de la santé) et de la possibilité de réaliser une machine à faire d'excellents discours officiels. N'importe quelle phrase de la première colonne s'enchaîne parfaitement à celles des colonnes successives. On n'a qu'à faire son choix... (Sources: générateur spontané de jargon/service santé, modèle breveté © J.J. Guibert d'après le modèle italien de Morosini & Marchi, 1981.)

J.M.T.

● ... **Pas trop de café quand même** : après quatre décennies d'études, qui ont dû coûter pas mal d'argent, des chercheurs de l'université John Hopkins sont arrivés à la même conclusion que les médecins de famille du début du siècle, c'est que trop de café n'est pas bon pour le cœur. Il y a quand même d'autres sujets de recherche plus urgents...

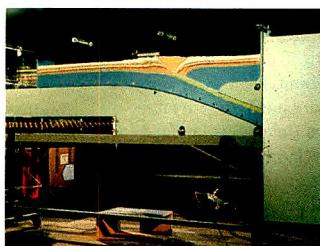
● ... **Le salicylate fait entendre de la musique**, au moins chez une vieille dame arthritique et atteinte de sclérose des os de l'oreille, qui prenait des doses élevées de ce produit. Elle entendait sans cesse de la musique que personne ne jouait et elle était parfaitement saine d'esprit. La preuve : quand on a réduit ses doses de salicylate, la musique s'est arrêtée...

● ... **Si vous avez chez vous de vieux boutons creux et hermétiques**, vous pouvez les proposer au Los Alamos National Laboratory au Nouveau Mexique ; cet organisme cherche, en effet, des spécimens d'air ancien. Les chercheurs de ce laboratoire ont même été le chercher au fond des Pyramides.

<b>Une politique sanitaire tenant compte de dynamiques sociales largement comprises</b>	suppose comme directive contrainte	une action coordonnée d'apports de systèmes différents	le tout étant subordonné à l'atteinte des objectifs fixés	en recherchant	eu égard à la réalité institutionnelle et aux expériences culturelles accomplies	l'insertion de processus novateurs à incidences généralement positives sur la santé
<b>Le choix de la méthode de programmation des soins de santé primaire</b>	<b>se caractérise par</b>	un engagement plus poussé dans le domaine de la prévention	même si subsistent des mesures isolées et diversifiées	concrétisant	aux divers niveaux hiérarchiques	une indispensable amélioration de la qualité des soins
<b>Le réaménagement des services de soins de santé primaire</b>	implique	le rééquilibre progressif des ressources	sans préjudice de l'actuel niveau des prestations	en visant	à moyen/court terme	une réduction effective des maladies sociales et une répartition optimale des prestations des soins
<b>Une articulation plus poussée de la planification sanitaire</b>	<b>se concrétise dans</b>	<b>le dépassement des résistances fonctionnelles à une logique propre</b>	au-delà et au-dessus des intérêts et des pressions de groupes particuliers	en supposant	dans une optique intégrée de large horizon	<b>des réponses dont la pertinence globale est en accord avec les directives du plan</b>
<b>La structuration des services en vue de la santé pour tous d'ici l'an 2000</b>	doit se proposer comme but	une interconnexion organique interdisciplinaire	<b>selon un modèle d'interdépendance à grille</b>	en activant	<b>dans un cadre territorial homogène ou non homogène</b>	la poursuite de finalités promotionnelles des soins
<b>Le processus progressif de transformation gestionnaire des soins</b>	réalise	le renversement de la logique sectorielle	sur la base de critères non dirigistes	<b>en privilégiant</b>	dans le respect des normes en vigueur	le développement de l'assistance sanitaire de base
<b>Le modèle organisationnel sanitaire</b>	fait progresser	l'harmonisation des fonctions	au-delà des contradictions initiales	en favorisant de façon adéquate	en tant que prémission obligatoire	la nécessaire osmose et communication entre les divers services de soins
<b>Le caractère expérimental du plan de santé de la communauté</b>	pose comme phase déterminante	l'adoption d'une méthodologie axée sur les besoins de santé	selon un dessin non purement tactique	en potentialisant	de façon significative	la participation tant des personnels de santé que des utilisateurs
<b>La méthode de programmation sanitaire par projet</b>	privilégié	une mobilisation et une affectation correcte des ressources	utilisant les mécanismes de la participation	en dégageant	grâce à la capacité d'infléchir certains problèmes clés	le dépassement des disparités présentes
<b>Le cadre normatif de la santé</b>	conforte et renforce	l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies adéquates d'information	sans préjuger des réponses	en mettant en évidence	en termes d'efficacité et d'efficience	la satisfaction des besoins de santé ressentis et l'annulation de tout enclavement

## GÉOLOGIE

## ... ET CELLE À FABRIQUER LES MONTAGNES



**I**l faut être audacieux pour avoir l'idée de reproduire sous verre, en quelques minutes, des phénomènes qui se produisent sur des millions d'années et affectent des centaines de milliers de kilomètres carrés. Et il faut être astucieux et bricoleur pour les simuler. C'est fait ! La machine à fabriquer les chaînes de montagnes, que l'on voit ci-dessus, a été conçue et construite au laboratoire de géologie structurale du CNRS, à Montpellier. Entre quatre vitres formant une boîte étroite et profonde sont déposées des couches de sable de différentes couleurs, qui figurent les diverses roches du sol et du sous-sol. Ainsi, les couches colorées situées au-dessus du trait plein noir, sur les photos ci-contre figurent la croûte terrestre rigide (lithosphère) qui, tel un tapis roulant, se déplace au-dessus des matériaux chauds et visqueux sous-jacents de l'asthénosphère (en gris). Il faut imaginer la situation originelle, non représentée ici : celle d'un continent unique (tel le Gondwana) posé sur l'asthénosphère.

Au milieu de ce continent, profitant d'une zone de fragilité, par exemple un amincissement ou une fracture dans la lithosphère (le rift des Afars, par exemple), le magma visqueux venant de l'asthénosphère remonte, perce la lithosphère, crée une croûte océanique, par accrétions successives, qui sépare le continent en deux. Les deux morceaux de continent (par exemple l'Europe et les Etats-Unis) s'éloignent l'un de l'autre pendant que le magma visqueux alimente la ride méridionale par laquelle il s'est infiltré. L'évolution inverse, illustrée en partie par la machine du CNRS, est le rapprochement de deux continents séparés par un océan. Dans ce rapprochement, lié aux mouvements de flux dans l'asthénosphère, l'océan se

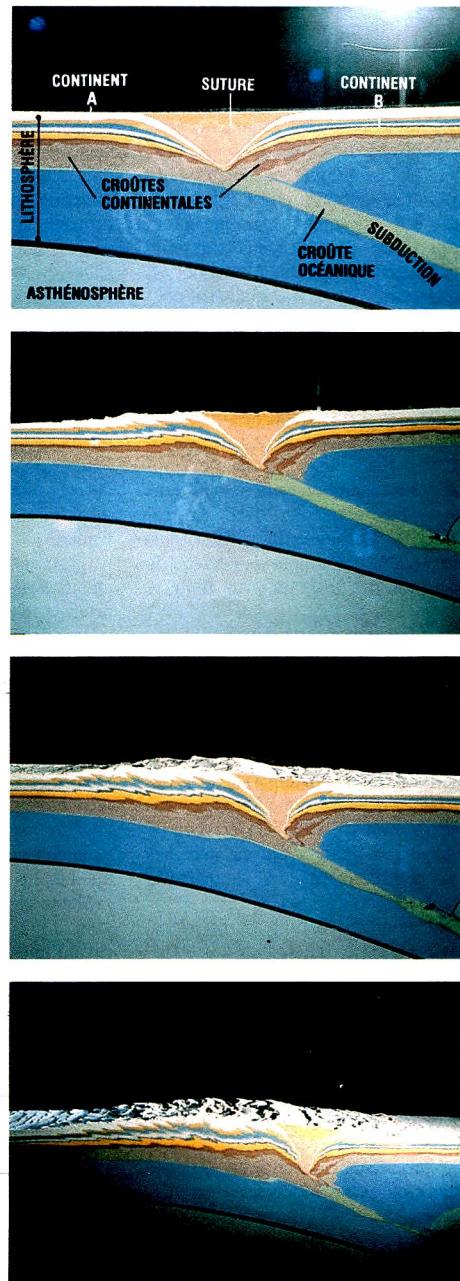
ferme et la croûte océanique (en vert) plus lourde que la croûte continentale (en marron) plonge au-dessous de la lithosphère (en bleu) qui supporte le deuxième continent (**B**), vers lequel elle est poussée. C'est la subduction.

Telle est la configuration du dispositif, au début de la scène qui va se jouer dans la machine et reproduite sur les photos ci-contre : l'océan est fermé (la zone de "suture" est représentée par la cuvette de sédiments et de roches océaniques figurées en rose et jaune), et la croûte océanique a disparu dans la zone de subduction. Lorsque la croûte du continent **A** arrivant derrière la croûte océanique fait face à la croûte du continent **B**, elle ne peut s'enfoncer à son tour, car elle est aussi légère que son vis-à-vis.

Elle n'a donc plus qu'à entrer en collision avec elle, se raccourcir, s'épaissir, en bref : donner une chaîne de montagnes. Les couches de roches dont elle est formée, depuis les roches métamorphiques ou granitiques profondes (en marron) aux couvertures sédimentaires déposées à différentes époques (en rouge, jaune, bleu, blanc, etc.), vont se plisser, se chevaucher, se fracturer, glisser l'une contre l'autre. A ce stade, la chaîne de montagnes est créée et l'expérience est terminée. La croûte, épaisse par la compression, va remonter jusqu'à ce qu'elle retrouve un état d'équilibre avec les autres segments de l'écorce terrestre.

L'érosion fera alors son œuvre, mettant à nu les roches déformées et métamorphiques des grandes profondeurs... En attendant qu'elle soit représentée dans une autre expérience, il faut saluer l'ingéniosité du chercheur Jacques Malavieille qui, par un mécanisme simple, a créé ce modèle de formation d'une chaîne de montagnes. La machine a d'ailleurs été remarquée par le musée de La Villette qui l'a retenue pour son exposition permanente. Celle-ci devrait normalement ouvrir ses portes au mois de mars prochain, dans la Cité des sciences et de l'industrie.

Les visiteurs ne pourront pas voir le processus au sein de la machine exposée. L'expérience, en effet, n'est pas renouvelable car avant de la redémarrer, il faudrait à chaque fois



replacer patiemment les différentes couches de sable : une œuvre de plusieurs heures pour cette expérience de quelques minutes. Aussi, celle-ci a-t-elle été filmée et c'est le montage vidéo qui retracera le mécanisme aux visiteurs.

M.-L. M.

## SCLÉROSE EN PLAQUES : UNE PETITE PERCÉE

**A**ux îles Féroé, en 1940, des troupes britanniques en garnison furent victimes d'une mini-épidémie de sclérose en plaques (SEP), maladie grave du système nerveux. Or, la maladie était auparavant inconnue dans ces îles ; cet épisode a donc convaincu médecins et chercheurs que la SEP pouvait être déclenchée par une infection virale, chez des sujets prédisposés génétiquement. Mais quel ou quels virus pouvaient donc être coupables ?

En quarante années de recherche, les candidats n'ont pas manqué : une douzaine de virus différents en tout ont été successivement mis en cause, aucun n'a été retenu. Ainsi, lorsque Ashley Haase et ses collègues rapportèrent pour la première fois (dans la revue *Science* en 1981), la présence de virus de la rougeole (virus à ARN) dans des coupes de cerveau de victimes de SEP, on crut tenir le suspect n°1.

Le fait que de nombreux malades qui sont atteints de SEP ont dans leur sang des anticorps anti-rougeole en nombre très élevé aggravait même les soupçons des enquêteurs. Mais une contre-enquête affaiblit cette hypothèse, sans pourtant l'exclure tout à fait ; on trouve en effet des virus ARN de rougeole dans le cerveau de patients atteints d'autres maladies que la SEP, qu'il s'agisse de maladies neurologiques ou non.

Le candidat actuel est un rétrovirus (il est le sujet d'un des éditoriaux de *Nature* du 14 novembre 85). L'accusateur est connu : c'est Gallo, des NIH, déjà célèbre pour sa controverse avec l'équipe pastoriennne de Montagnier en ce qui concerne la paternité du virus du SIDA. Comme celui du SIDA, le virus en cause est un rétrovirus.

Voilà de quoi exciter la curiosité (mais aussi l'escapisme) des chercheurs ; un ou des rétrovirus lymphotropes humains (spécifiques des cellules T de l'immunité) sont, en effet, plus fréquemment retrouvés dans les échantillons de populations de patients suédois et américains (à New York, au large de la Floride) atteints de SEP.

Ce que l'on a pu mettre en évidence, c'est qu'un rétrovirus est associé souvent à la SEP. On classe

parmi les rétrovirus l'HTLV I et II et l'HTLV III ; l'HTLV III, agent du SIDA, a beaucoup plus de points communs, et notamment le contenu de son génome, avec des virus animaux appelés les lentivirus ; d'où la controverse avec Montagnier, qui prétend que l'agent du SIDA est en fait, non un HTLV, mais un LAV. Les lentivirus provoquent des maladies démyélinisantes progressives, attaquant la gaine de myéline entourant l'axone des cellules nerveuses du cerveau et de la moelle épinière. Les HTLV et les lentivirus descendent-ils d'une même famille ancestrale ?

Toujours est-il que la maladie du mouton due aux VISNA-virus, les mieux connus et les plus étudiés des lentivirus, est actuellement considérée comme le meilleur modèle naturel expérimental de sclérose en plaque.

C'est ce qui a poussé les chercheurs à rassembler des éléments de preuves reliant HTLV et SEP : ils ont trouvé des anticorps spécifiques réagissant contre des antigènes d'HTLV (la protéine p24) et une partie du virion d'HTLV II, dans le liquide céphalo-rachidien (LCR) de malades suédois ayant une SEP ; et ceci à des concentrations significativement plus importantes que dans le LCR de malades suédois atteints d'autres maladies neurologiques que la SEP ou chez les volontaires sains.

Même résultat avec le sérum sanguin de 17 patients de Key West (ayant une SEP déclarée) et qui réagissent eux aussi avec un antigène de HTLV ; (donc contenant des anticorps anti-HTLV). Chez un patient, on a même pu noter une augmentation de la concentration de ces anticorps dans le LCR et le sang, concomitantes de poussées cliniques de la maladie.

La National Multiple Sclerosis Society à New York, consciente de l'intérêt de cette découverte, vient de demander à plusieurs laboratoires de se préparer à participer à des études sur ce thème.

Des efforts importants pour tenter d'isoler le virus, ou les virus, vont également être entrepris. En attendant, notons tout de même la surprenante variabilité dans le temps, chez un même patient, de la production de ces anticorps anti-

HTLV. Il semble qu'un tel virus ne serait de toute façon que le déclencheur d'une série d'événements immunologiques aboutissant à la destruction des manchons de myéline des nerfs et sans doute pas la cause fondamentale de la maladie.

Il est probable, en effet, que l'infection virale initiale déclenche une réaction auto-immune contre les composants de la myéline de son propre organisme.

Il faudra épurer la complexité baroque de ces événements immunitaires pour connaître la vraie cause de cette maladie.

J.-M. B.

## POLLUTION

### ENCORE LA DIOXINE...

**O**n savait que la dioxine pouvait surgir après l'explosion d'un transformateur électrique (voir *Science & Vie* n°810), qu'elle pouvait se répandre à travers les fumées des usines d'incinération d'ordures (voir *Science & Vie* n°812). On vient de découvrir qu'elle peut également sortir des pots d'échappement des voitures.

Une forte proportion des huiles de moteur utilisées par les automobilistes proviennent d'huiles usagées qui sont régénérées. Si les collecteurs se contentaient de récupérer les huiles de voitures, il n'y aurait aucun problème, mais certains récupérateurs mélangeant allègrement les huiles de vidanges de voitures, les huiles industrielles et les huiles provenant de transformateurs électriques ou de condensateurs. Ces dernières, appelées askarels, et dont le Pyralène est la marque la plus répandue en France, contiennent une forte proportion de PCB (polychlorobiphényles) qui, sous l'effet de la chaleur, peuvent se décomposer en dioxines et en furanes.

En plus de leur usage par les automobilistes, les huiles usagées régénérées sont également utilisées pour alimenter des chaudières de serres et d'installations industrielles.

J. D.-L.

## LINGUISTIQUE

## LE PLUS GRAND DICTIONNAIRE CHINOIS

Très complexes et peu courants, les caractères "ling" (sorte d'antilope)...

... et "liu" (rat des bambous).

**U**ne date en linguistique : la parution à Moscou du Grand Dictionnaire chinois-russe, en quatre volumes, publié par des sinologues soviétiques sous la direction d'Illa Ochanine : 15 505 caractères et environ 250 000 mots et phrases, c'est une édition grand format de 4 000 pages. Cette formidable somme vaut par la variété des explications et l'introduction de nombreux termes de technologie et de science ainsi que l'introduction de ceux sur les armes spatiales et la "guerre des étoiles".

Le *Ci Hai* (Océan des mots), fameux dictionnaire encyclopédique chinois dont la première édition remonte à 1936, ne comportait que 13 000 caractères : les 2 505 caractères supplémentaires du nouveau dictionnaire ont été trouvés par les Soviétiques dans des dictionnaires non recensés dans le *Ci Hai* et dans la littérature classique, riche de signes oubliés. Le travail des sinologues a été beaucoup apprécié en Chine. Le 6 janvier 1985, le *Quotidien du peuple* (*Renmin ribao*) en soulignait le caractère exceptionnel.

On y trouve des termes scientifiques parmi les plus récents, les noms des plantes tropicales, des armes spatiales et de maladies rares ("Euréka", par exemple, y manque mais ce mot n'est apparu, il est vrai, dans la presse chinoise qu'en mai dernier seulement, et "Sida" en novembre 85). Parmi les nouveaux termes chinois *daodanhua* (déploiement massif de missiles), *zhongzidan* ( bombe à neutrons), *yuzhou huodian* (missile interplanétaire). Cette affluence de termes techniques et guerriers est compréhensible de la part des Soviétiques qui, si l'on en juge par leurs publications, sont obsédés par la guerre des étoiles. Mais on trouve aussi la trentaine de caractères différents qui désignent la concubine, la centaine qui désigne les tortues et la quantité innombrable de caractères pour les rats, les démons, les grillons, les sauterelles et les poissons.

Les Chinois utilisent 3 500 caractères dans le *Quotidien du peuple*, journal du PCC, 6 000 dans la littérature contemporaine, 6 à 7 000 dans les textes scientifiques, mais

2 000 seulement dans la vie courante. Le Chinois le plus lettré fut Go Moruo, savant qui lisait et écrivait 13 000 caractères ; il est mort en 1978.

La particularité la plus frappante de ce dictionnaire est le nombre de *chengyu* (locutions et proverbes composés de quatre caractères). L'intérêt réside dans l'interprétation de ces *chengyu* par les sinologues soviétiques. Par exemple : « Tuer un pou avec une flèche » ; il s'agit là non seulement de l'adresse d'un tireur, mais aussi de l'art d'un diplomate. Les Chinois employaient ce *chengyu* pour qualifier l'habileté de Zhou En-lai face aux étrangers. « Heurter une pierre avec un œuf », sorte d'équivalent du « pot de terre contre le pot de fer », est employé pour évoquer l'inefficacité d'une entreprise. Il est ainsi utilisé par les Chinois à propos des pourparlers sino-soviétiques sur les différends frontaliers. « Qui trop se hâte reste en chemin » figure souvent dans la presse chinoise qui s'inquiète de la rapidité de la mise en place des réformes de Deng Xiaoping.

La forte présence dans ce dictionnaire de la terminologie littéraire classique doit permettre de mieux déchiffrer Confucius, les textes historiques de Sima Qian et les romans du Moyen-Age. Paradoxalement, une partie de cette terminologie ancienne est tirée des œuvres de Mao qui utilisait souvent dans ses écrits les métaphores de la littérature classique. On constate en compulsant ce dictionnaire que les œuvres de Mao sont une des sources de la langue chinoise moderne.

Pour la première fois est traduit en russe le *chengyu* : « Mettre des queues de chiens sur une zibeline », autrement dit, « porter un indigne au pinacle » qui fut employé par les Chinois à propos de Khrouchtchev. Mais on trouve aussi beaucoup de caractères peu courants parce que très complexes, comportant 25 à 29 traits. Parmi ceux-ci, les caractères *ling*, sorte d'antilope, et *liu*, rat des bambous.

La réalisation de ce dictionnaire a commencé dans les années 30. Son initiateur fut l'académicien V. Aléxéev, mort au début des années

50, qui forma l'équipe originale. Le travail fut interrompu par des purges, parce que certains sinologues n'épousaient pas la ligne du Parti, et ensuite par la guerre. La remise en route s'effectua en 1946.

Sur ordre de Staline, en 1952, fut étudié le premier dictionnaire chinois-russe ; il ne comportait qu'un volume et seulement 9 000 caractères. Il a été réédité à Moscou en 1955 et 1959. Après la mort de Staline, une cinquantaine de sinologues, dirigés par Ochanine, reprit la tâche.

Décédé, celui-ci figure bien comme auteur du dictionnaire mais plusieurs de ses collaborateurs, disparus plus discrètement, ne figurent pas dans la liste des auteurs.

Al. An.

## LA MESURE LA PLUS INUTILE DE L'ANNÉE

**U**n médecin suédois, le Dr Alf Axelsson, propose que l'on cesse de fabriquer des jouets en caoutchouc, parce que le bruit du caoutchouc pressé pourrait rendre les enfants sourds. Il assure avoir trouvé de tels jouets qui émettaient un son de 108 décibels à 10 cm. Les enfants étudiés par ce médecin jouent sans doute avec des marteaux-piqueurs en caoutchouc.

● ... **L'huile de foie de morue va-t-elle revenir à la mode ?** Des travaux américains lui prêtent, en effet, à elle comme aux autres huiles de poisson, des propriétés immunostimulantes, qui seraient précieuses dans des maladies comme l'asthme et l'arthrite rhumatoïde, voire contre les maladies cardiovasculaires.

● ... **Cancer du sein chez l'homme** : il est rare (1 % de tous les cancers du sein), mais grave, car le taux de survie à 5 ans est d'environ 60 % seulement.

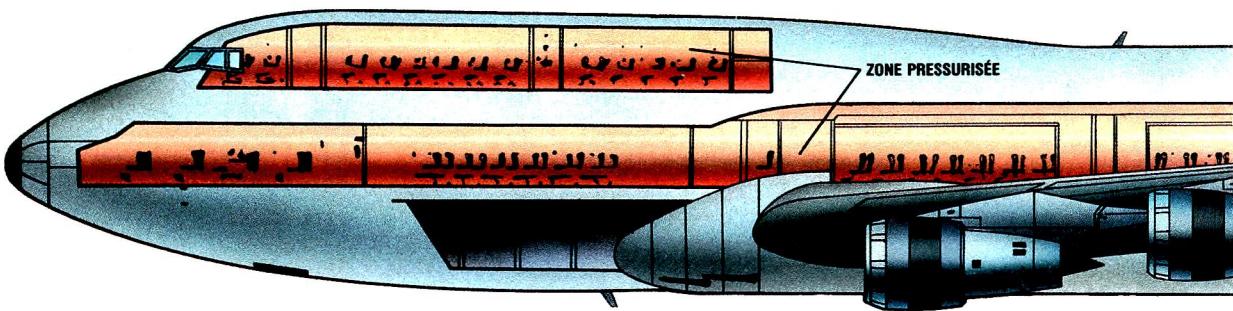
# DES FISSURES DANS LES A

## A L'OCCASION DE LA DRAMATIQUE

**SERIE DE CATASTROPHES** qui a endeuillé l'aviation civile au cours de l'année 1985, le public a appris avec stupéfaction que certains de ces accidents avaient pour origine des fissures dans les cellules ou dans les moteurs. Comment des machines aussi perfectionnées — et théoriquement aussi surveillées — que des avions de ligne peuvent-elles présenter de telles anomalies ? C'est la question à laquelle *Science & Vie* tente aujourd'hui d'apporter une réponse.

la dislocation de l'empennage, l'air pénétrant dans le compartiment arrière avec une pression de 5 tonnes par mètre carré. Fin novembre, elle prenait la décision de renforcer à ses frais la partie arrière des 620 Boeing 747 utilisés dans le monde.

Ainsi le public, abasourdi, apprenait coup sur coup que non seulement un certain nombre d'avions, parmi les plus gros, présentaient des fissures, mais que cela ne les empêchait pas de voler, et qu'il avait fallu que survînt une catastrophe pour qu'on



**L**e 12 août dernier, un Boeing 747 de Japan Airlines (JAL) s'écrasait sur les pentes du mont Osutaka, à 120 kilomètres à l'ouest de Tokyo. Bilan : 520 morts. L'appareil avait perdu l'usage de ses gouvernes à la suite d'une explosion qui avait emporté une partie de son empennage. Quelques jours à peine après la catastrophe, on attribuait son origine à la rupture d'une cloison séparant la cabine pressurisée, de la queue qui ne l'est pas, rupture ayant entraîné une brutale décompression aux effets comparables à ceux d'une explosion.

Cette hypothèse paraissant se confirmer, le ministère japonais des Transports demandait à toutes les compagnies nippones d'inspecter méticuleusement la

cloison en question sur les Boeing 747 en leur possession. Sur quarante et un appareils de ce type, examinés entre le 15 et le 23 août, vingt-trois présentaient des fissures, des rayures ou diverses anomalies au niveau de la paroi étanche incriminée. Bientôt, toutes les compagnies aériennes du monde se livraient à une véritable chasse aux fissures sur leurs jumbo-jets, chasse dont plusieurs d'entre elles ne revinrent pas bredouilles, même si elles préférèrent rester discrètes pour ne pas affoler leur clientèle.

La firme Boeing elle-même, après avoir effectué des simulations sur ordinateur, reconnaissait au mois de novembre dernier qu'une fissure de 1,5 mm dans la cloison arrière d'un 747 était suffisante pour provoquer

se préoccupât de rechercher systématiquement ces lézardes.

Mais ce qui frappe le public étonne beaucoup moins les spécialistes. « Des fissures, on en trouve sur tous les avions en service », déclarait il y a peu M. Pierre Schaffner, responsable du service après-vente à l'Aérospatiale. « L'important, ajoutait-il, n'est pas d'éviter l'apparition de ce genre de phénomènes, mais de prévoir leur évolution. » Effectivement, des fissures, on en a découvert en maintes occasions, et il est arrivé qu'elles aient entraîné des procédures exceptionnelles d'inspection et de révision. En juin 1981, par exemple, aux Etats-Unis, à l'occasion d'un contrôle de routine, des mécaniciens découvraient des fissures de plusieurs centimètres sur des ailes de

# VIONS : EST-CE POSSIBLE ?

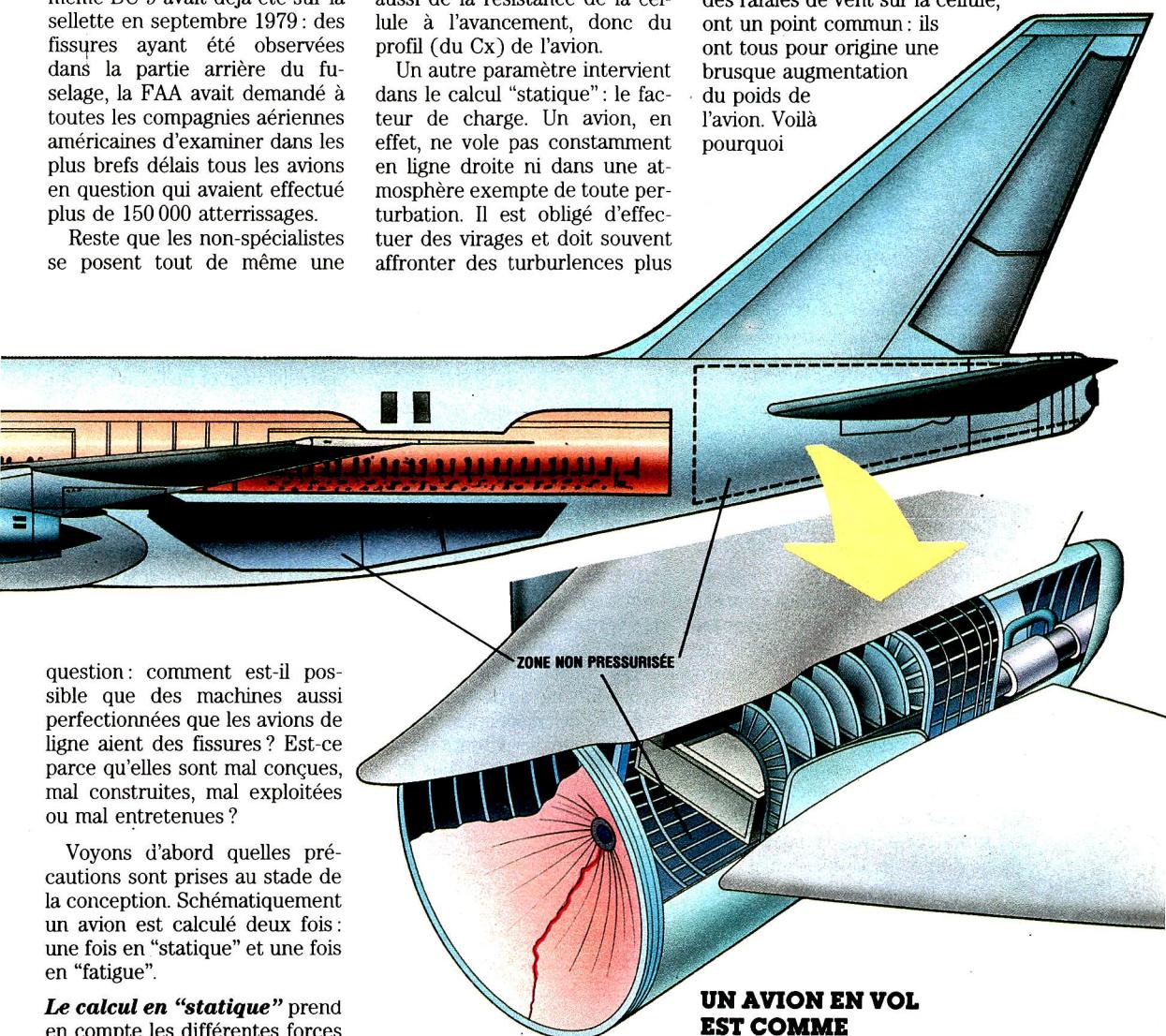
DC-9. Aussitôt informée, la FAA (Federal Aviation Administration) ordonnait la révision de tous les appareils de ce type. Le même DC-9 avait déjà été sur la sellette en septembre 1979 : des fissures ayant été observées dans la partie arrière du fuselage, la FAA avait demandé à toutes les compagnies aériennes américaines d'examiner dans les plus brefs délais tous les avions en question qui avaient effectué plus de 150 000 atterrissages.

Reste que les non-spécialistes se posent tout de même une

privilégié le rayon d'action ou la capacité d'emport. De même, la vitesse de l'appareil dépend de la puissance de ses moteurs, mais aussi de la résistance de la cellule à l'avancement, donc du profil (du  $C_x$ ) de l'avion.

Un autre paramètre intervient dans le calcul "statique" : le facteur de charge. Un avion, en effet, ne vole pas constamment en ligne droite ni dans une atmosphère exempte de toute perturbation. Il est obligé d'effectuer des virages et doit souvent affronter des turbulences plus

ligne et dans un ciel serein. Ces efforts, qu'ils résultent de l'action de la force centrifuge dans les virages ou de l'impact des rafales de vent sur la cellule, ont un point commun : ils ont tous pour origine une brusque augmentation du poids de l'avion. Voilà pourquoi



question : comment est-il possible que des machines aussi perfectionnées que les avions de ligne aient des fissures ? Est-ce parce qu'elles sont mal conçues, mal construites, mal exploitées ou mal entretenues ?

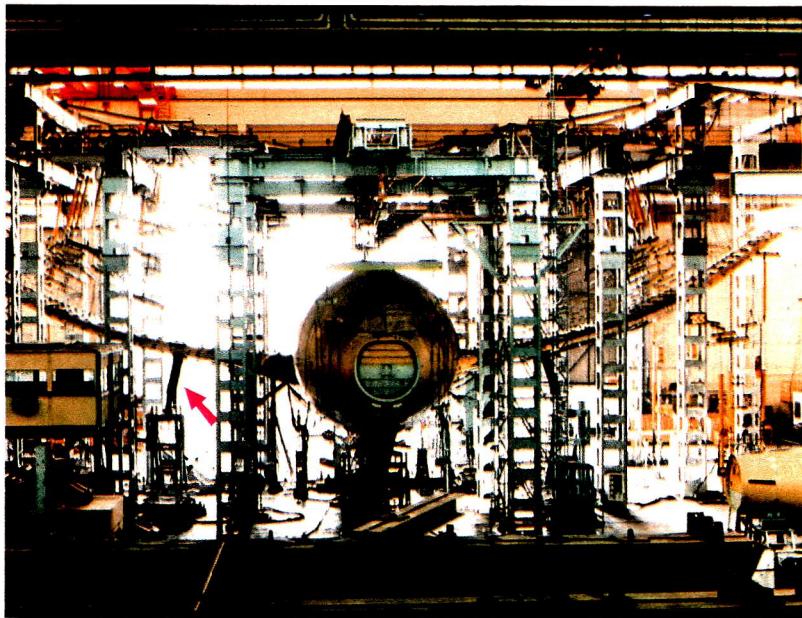
Voyons d'abord quelles précautions sont prises au stade de la conception. Schématiquement un avion est calculé deux fois : une fois en "statique" et une fois en "fatigue".

**Le calcul en "statique"** prend en compte les différentes forces aérodynamiques qui s'exercent sur l'avion, et, en fonction des performances souhaitées, détermine les dimensions et le profil les mieux adaptés. La surface des ailes et leur forme, par exemple, ne seront pas les mêmes selon que l'on voudra

ou moins violentes. Ce faisant, il est assujetti à des efforts différents de ceux qu'il supporte normalement en trajectoire recti-

## UN AVION EN VOL EST COMME UN BALLON GONFLÉ

La fissure de 1,5 mm (en rouge) dans la cloison arrière séparant la cabine pressurisée du compartiment de queue, qui ne l'est pas, a brutalement égalisé les deux pressions, soit une brusque augmentation (de l'ordre de 5 tonnes au mètre carré) de la pression sur les structures portant l'empennage et la dislocation de celui-ci.



**Les tests statiques** que subissent cette aile de "cobaye" Airbus A-310 et la partie de fuselage qui lui est associée, servent à s'assurer que l'avion pourra encaisser sans rupture un effort exceptionnel qu'il pourrait subir au moins une fois dans sa vie. Pour cela des vérins de puissance (flèche rouge) appliquent des forces 1,67 fois supérieures à cet effort théorique.

l'on dit que ce dernier subit un facteur de charge.

Pouvant être défini comme le rapport entre le poids apparent et le poids réel (ou le rapport entre la portance et le poids), le facteur de charge est un coefficient sans dimension : ainsi, dire d'un avion de chasse que, à l'occasion d'un virage ou d'une ressource (un redressement à la fin d'un piqué), il encaisse un facteur de charge de 8, signifie simplement que, pendant toute la durée de la manœuvre, son poids apparent représente 8 fois son poids réel ou, si l'on préfère, qu'il devient 8 fois plus lourd.

Derniers éléments dont les ingénieurs doivent tenir compte pour leurs calculs "statiques" : les phénomènes aérolastiques dus au couplage entre les forces aérodynamiques (celles qui proviennent de l'écoulement de l'air sur les parois de la cellule) et les forces élastiques (les sollicitations mécaniques des matériaux). Parmi ces phénomènes aérolastiques, les plus connus

sont les vibrations, et notamment le *buffeting* (vibration forcée, c'est-à-dire imposée par la vibration de l'air autour de l'avion lors des vols à très grands angles, quand l'écoulement aérodynamique est extrêmement perturbé) et le *flutter* (vibration auto-excitée produite par les flexions et les torsions des structures de l'appareil). Si le *buffeting* est plus désagréable que véritablement dangereux, le *flutter*, lui, peut devenir carrément explosif, au sens propre du terme, lorsque se produit le phénomène de résonance, c'est-à-dire lorsque les vibrations surges en différentes parties de la



cellule entrent en phase (additionnent leurs amplitudes).

Fort heureusement, les ingénieurs connaissent ce risque et savent y remédier. D'une part, les structures des avions sont calculées de telle façon que les vibrations occasionnées par les contraintes de torsion aient une fréquence très éloignée de celle des vibrations engendrées par les contraintes de flexion. D'autre part, l'emploi de raidisseurs (renforts de structure) disposés aux endroits critiques évitera la mise en phase des fréquences vibratoires.

Il n'en reste pas moins que les différentes contraintes que l'avion aura à endurer doivent demeurer inférieures à certaines valeurs si l'on ne veut pas que se produisent au sein de la cellule des déformations permanentes ou, plus grave encore, des ruptures. En effet, en fonction de sa résistance et de l'effort qui lui est appliqué, un matériau est susceptible de trois types de transformations :

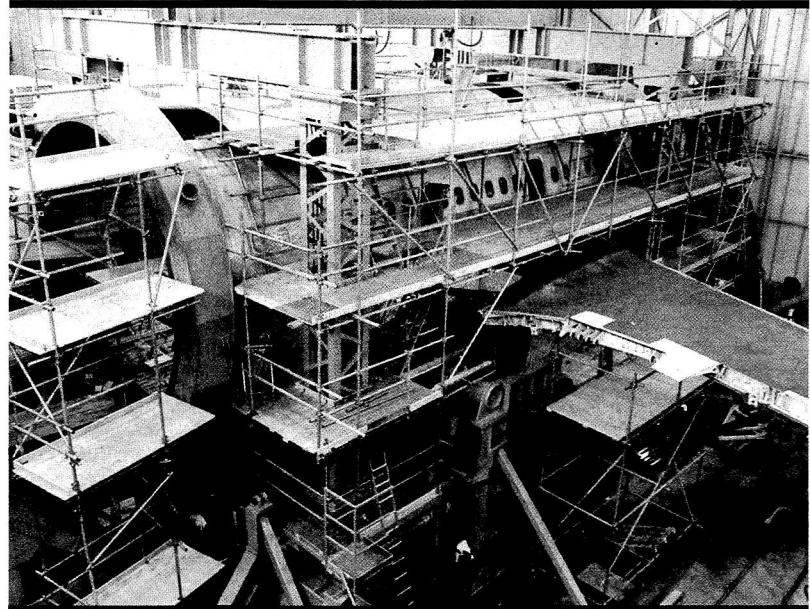
- une légère déformation suivie, lorsque l'effort cesse, d'un retour à la normale, avec conservation des qualités élastiques du matériau;
- une déformation irréversible de plus ou moins grande importance (on dit que le matériau est entré dans sa phase plastique);
- une striction (diminution de section) aboutissant généralement à la rupture.

A titre d'exemples : pour des al-

liages légers à base d'aluminium, d'un usage courant en aviation, les limites d'élasticité et de rupture sont respectivement de 35 kgf/mm<sup>2</sup> et de 50 kgf/mm<sup>2</sup> (kgf = kilogramme-force); pour des alliages spéciaux au titane, la rupture n'intervient qu'à 136 kgf/mm<sup>2</sup>.

**A**fin donc d'éviter des efforts trop intenses qui seraient dommageables pour les structures de l'appareil, les bureaux d'études se fixent, pour le calcul de la cellule, un certain nombre de limites. Limites de poids d'abord, sous les trois formes suivantes :

- poids maximal au décollage, comprenant le poids de l'appareil ainsi que celui des passagers, du fret et du carburant ;
- poids maximal à l'atterrissement, étant entendu que le train d'atterrissement doit être capable d'encaisser une énergie cinétique correspondant à une vitesse descendante de 600 pieds/minute (environ 180 m/minute) au moment où les roues touchent la piste ;
- poids maximal sans carburant, appelé par les spécialistes ZFW (*zero fuel weight*). Ce poids est important parce qu'il conditionne directement le



moment maximal de flexion de l'aile à l'implanture (c'est-à-dire à l'endroit où l'aile est raccordée au fuselage). En effet, c'est quand l'aile est la plus légère, autrement dit quand elle est vide de carburant, qu'elle réagit le plus aux turbulences et autres phénomènes aérodynamiques. Or, les règlements stipulent que le moment de flexion à l'implanture doit être constamment inférieur à un moment de référence, fonction de la limite d'élasticité des matériaux.

Le souci de ne pas soumettre l'avion à des contraintes qui lui seraient nuisibles conduit ensuite les ingénieurs à déterminer ce que l'on appelle le "domaine de vol" de l'appareil, c'est-à-dire les limites maximales et minimales de vitesse, d'altitude,

**Les tests de fatigue** servent à éprouver la durée de vie de ce fuselage de "cobaye" d'A-310. Différences cycliques de pression et autres efforts répétés sont reproduits à un rythme accéléré pour savoir au bout de combien d'heures de vrai vol il faudra changer telle pièce (sans attendre qu'elle casse effectivement), avant de passer à la fabrication de l'avion.

d'inclinaison, de pente, entre lesquelles il peut évoluer en toute sécurité. Ainsi, pour obtenir de l'administration de tutelle le certificat de navigabilité, le constructeur devra apporter la preuve que la structure de l'avion demeure résistante dans toute la plage d'utilisation définie par le domaine de vol.

L'élément le plus important pour la détermination de ce domaine de vol est le facteur de charge. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, il représente l'augmentation de poids que subit l'appareil au cours de certaines manœuvres (virages, variations de pente) ou lorsqu'il traverse des zones perturbées. Selon la solidité de ses structures, un avion sera capable de supporter un facteur de charge plus ou moins élevé, et aura par conséquent un domaine de vol plus ou moins étendu.

D'après les règlements internationaux, un avion de ligne doit être en mesure d'encaisser de façon continue un facteur de

**Les essais en soufflerie** servent surtout aujourd'hui à "figoler" les détails, après que le "gros œuvre" de la conception ait été mis au point grâce à la CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur). Ici, ils ont permis de déterminer la forme optimale du pylône de fixation de ce moteur du futur Airbus A-320, pour que l'écoulement de l'air autour de l'aile soit partout aérodynamique.

charge au moins égal à 2,5 (c'est-à-dire supporter un poids appartenant deux fois et demie supérieur à son poids réel). Mais rien n'empêche les constructeurs de s'imposer des normes de construction encore plus sévères. Quant à la valeur maximale, elle comporte plusieurs degrés, de façon à ménager des marges de sécurité. Ainsi, à partir d'une charge dite "sûre" ou "nominale" (définie comme la charge maximale susceptible d'être atteinte couramment en exploitation), sont fixées une charge "limite", de 33 % supérieure à la charge sûre, et une charge "extrême", égale à 1,5 fois la charge limite. Cette charge extrême est caractérisée comme « l'effort maximal qui peut être supporté sans qu'il y ait rupture ou effondrement de la structure ». Ajoutons que les règlements reconnaissent que la charge limite peut être atteinte une fois au cours de la durée de vie d'un avion sans qu'il s'ensuive une déformation permanente de la cellule.

Cela dit, les différentes contraintes qu'un avion est appelé à endurer — et dont on a tenu compte pour calculer sa solidité et délimiter son domaine de vol — ne s'exercent pas de façon continue : elles apparaissent et disparaissent selon certains cycles liés aux conditions d'exploitation de l'appareil. L'avion est donc soumis à des efforts alternés, lesquels nécessitent que ses structures soient également calculées en « fatigue ».

**Qu'est-ce que le calcul en "fatigue" ?** Jusqu'à la fin des années 50, on se souciait assez peu de cette notion de fatigue. On se contentait de vérifier que les différents éléments constitutifs de l'avion (voilure, fuselage, empennage, etc.) étaient capables de supporter les efforts prévus par le domaine de vol. Pour cela, on soumettait ces pièces à des essais statiques à rupture, c'est-à-dire qu'on leur appliquait des contraintes croissantes jusqu'à ce qu'elles cassent. On se garantissait ensuite contre les incertitudes du

calcul et l'éventuelle apparition de charges plus élevées que celles qui avaient été prévues, en adoptant un coefficient de sécurité compris entre 2 et 3 (c'est-à-dire en multipliant d'autant les capacités de résistance des structures).

Mais de graves accidents survenus aux Comet-1 (explosions en plein vol par suite d'un manque de résistance des parois fragilisées par la succession des cycles pressurisation-dépressurisation) ont mis en évidence les limites de cette méthode. Aussi, à partir des années 60, s'est-on décidé à étudier de façon approfondie les phénomènes de fatigue et en tenir compte lors de l'élaboration des structures d'un nouvel avion.

**P**our ce faire, on commence par établir un spectre de fatigue, c'est-à-dire par recenser non seulement tous les efforts auxquels l'avion sera soumis, mais aussi leur fréquence. C'est en effet la répétition des efforts qui occasionne la fatigue. Ce recensement n'est pas toujours aisés, parce que toutes les contraintes ne sont pas également prévisibles. A cet égard, on peut distinguer quatre types de charges :

1<sup>o</sup> Les charges dont les grandeurs et les cycles sont facilement évaluables : c'est le cas, par exemple, de la portance, de la traînée, du poids, de la pressurisation, etc.

2<sup>o</sup> Les charges dont les grandeurs sont parfaitement mesurables, mais dont les cycles sont difficilement prévisibles. Exemple : on peut connaître très exactement la contrainte subie par les structures d'un avion de combat lorsque celui-ci tire un missile ; en revanche, on ne peut pas savoir à l'avance combien de missiles cet avion tirera pendant toute sa vie.

3<sup>o</sup> Les charges aléatoires, appelées ainsi parce qu'elles ne peuvent être envisagées que sous l'aspect de la probabilité, donc de façon statistique. Il s'agit,

entre autres, des contraintes résultant de l'absorption de rafales ou d'évolutions dissymétriques (vols en glissade ou dérapages). 4<sup>o</sup> Les charges accidentelles, c'est-à-dire celles qui sont totalement imprévisibles. On classe dans cette catégorie les phénomènes de flottement (*flutter*) et les vibrations diverses.

Une fois établi aussi précisément que possible, le spectre de fatigue devient un outil de travail pour l'ingénieur et l'aérodynamicien. Il peut en effet être assimilé à un modèle mathématique à partir duquel seront définies les formes, les dimensions, l'épaisseur des différentes parties de la cellule de l'avion.

Prenons un exemple concret. En théorie, il n'y a aucune raison pour qu'un court-courrier soit construit selon des normes de résistance différentes de celles d'un long-courrier. Pourtant, si l'on tient compte des spectres de fatigue de ces deux types d'appareil, il devient évident que le court-courrier a besoin d'être plus solide que le long-courrier. Pour la bonne raison que le Mercure ou l'Airbus d'Air Inter qui fait trois aller-retour Paris-Nice dans la journée est soumis à des efforts beaucoup plus nombreux que le Boeing 747 d'Air France qui relie Paris à New York. Dans le premier cas, à l'occasion des décollages et des atterrissages, l'avion traverse douze fois les couches perturbées de l'atmosphère (surtout en été), alors que le long-courrier, pour un temps de vol sensiblement équivalent à celui des trois rotations Paris-Nice-Paris, ne franchit les zones agitées que deux fois.

Certes, il peut arriver que le Boeing ait à affronter durant tout son trajet au-dessus de l'Atlantique des turbulences sévères, et que le Mercure, au contraire, bénéficiant de conditions météorologiques favorables, ne rencontre aucune de ces secousses ou de ces rafales qui mettent les cellules à si rude épreuve ; cependant, statistiquement, sur le long terme, il ne fait pas de doute que le court-



courrier souffrira plus que l'avion à long rayon d'action.

Depuis le début des années 60, donc, la prise en compte systématique des phénomènes de fatigue a amené les constructeurs à concevoir la structure de leurs avions selon deux concepts nouveaux : le concept "safe life", que l'on peut traduire par "durée de vie de sécurité", puis le concept "fail safe", ou "sécurité assurée quoi qu'il arrive".

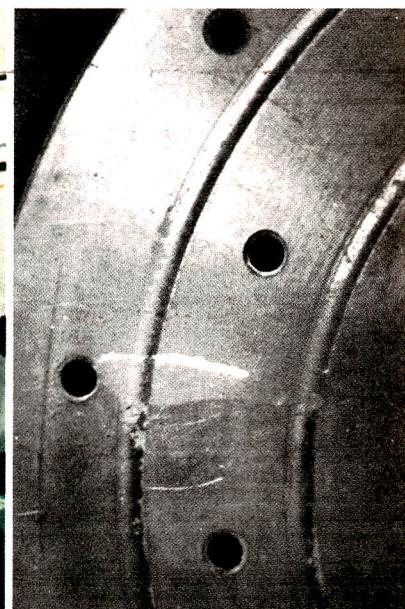
**A**vec la méthode "safe life", chaque pièce est calculée pour résister à un spectre de fatigue spécifique, et ne doit donc pas casser avant un certain nombre d'heures de vol. Ce nombre d'heures, déterminé en laboratoire, varie naturellement selon la pièce considérée et représente la durée de vie de ladite pièce. A partir de cette durée de vie, est fixée une "vie de sécurité", c'est-à-dire un nombre d'heures au bout desquelles la pièce devra obligatoirement être remplacée. En général, la vie de sécurité est calculée en divisant par 9 la durée de vie constatée en laboratoire.

La méthode "fail safe" est

encore plus sévère. En effet, non seulement une pièce ne doit pas casser avant un certain nombre d'heures de vol, mais, même si d'aventure il lui arrive de se rompre, la sécurité de l'avion ne doit en aucune façon être menacée. Par exemple, garantie doit être apportée que, dans l'éventualité où l'une des deux attaches qui maintiennent le réacteur sous l'aile viendrait à céder, le second n'en fera pas autant. Ce qui, dans la réglementation française, s'énonce de la manière suivante : « On démontrera par le calcul et/ou par les essais qu'il est improbable qu'une rupture de fatigue, complète ou partielle, d'un élément de la structure puisse entraîner une rupture catastrophique ou une déformation excessive, susceptible d'avoir un effet défavorable sur les caractéristiques de vol de l'avion. »

Cette méthode fondée sur le principe que, même après une amorce de rupture, la structure doit continuer de se comporter normalement, impose aux constructeurs de nouvelles obligations. Parmi celles-ci citons :

- Un choix plus judicieux des matériaux. Ainsi, dans les zones où les efforts de traction sont prépondérants, le dural sera préféré à l'aluminium.



**La détection des fissures par ressage** permettra de savoir si ces pièces de structure (photo de gauche) ne recèlent pas des fissures cachées. Chaque pièce est recouverte d'un produit fluorescent très pénétrant, puis séchée, et enfin enduite d'un révélateur. Le produit fluorescent, qui aura pénétré même la fissure la plus infime, ressue alors et la fissure apparaît nettement à la lumière ultraviolette (photo de droite).

- Une conception encore plus raffinée de l'architecture, afin d'éviter les concentrations de contraintes. On s'arrangera, par exemple, pour que les efforts de flexion et ceux de torsion ne "travaillent" pas la même pièce au même endroit. D'où l'intérêt des structures coques aussi continues que possible, et les précautions particulières qu'il faut prendre chaque fois que se produit une solution de continuité (hublot, issues de secours, trappes, etc. constituent autant de zones de fragilité).

- Enfin et surtout l'obligation de procéder à des essais de fatigue en vraie grandeur. Par exemple, pour tester la résistance de la cabine à la pression différentielle (c'est-à-dire à l'alternance des cycles de pressurisation et de dépressurisation), on immergera la carlingue dans un bassin<sup>(1)</sup> et on la mettra sous pression en la remplissant d'eau ou d'air comprimé.

(1) La tendance, depuis quelques années est de ne plus avoir recours au bassin car, si ce procédé est fiable, il est en revanche peu souple.

Chaque cycle de 3 minutes en bassin fait subir à la cabine des contraintes identiques à celles qu'elle supporterait pendant un vol de 3 heures. En répétant l'opération de 10 000 à 100 000 fois, c'est-à-dire un nombre de fois correspondant au nombre de décollages et d'atterrissages que l'avion effectuera au cours de sa durée de vie, on peut évaluer en quelques semaines, au plus en quelques mois, les fatigues qu'endurera la cabine au fil des années.

A l'heure actuelle, il n'y a guère que ces essais de vieillissement accéléré qui puissent renseigner de façon précise le constructeur (et l'utilisateur) sur la durée de vie des différents éléments d'un avion. C'est le seul moyen qui permette de déceler, par exemple, la pièce qui casse anormalement vite (ce qui peut être le signe d'un défaut d'usinage) ou la structure qui manifeste une soudaine faiblesse résultant d'un défaut de calcul.

Comment, dans la pratique, s'assure-t-on aujourd'hui de la solidité d'un avion et se prémunit-on contre d'éventuelles défaillances ? Tous les constructeurs procèdent à peu près de la même façon : avant de mettre en service un nouvel avion, ils en sacrifient délibérément deux exemplaires. Ces deux cobayes ne prendront jamais l'air, mais subiront au sol — en atelier ou en soufflerie — toutes sortes de "tortures" destinées à vérifier la validité des calculs des ingénieurs et l'absence de défauts de fabrication.

Le premier exemplaire est réservé à ce que l'on appelle les "essais de charge", autrement dit les essais de contraintes maximales. Après avoir chargé le fuselage au maximum de sa capacité d'emport, on soumet la voilure, en soufflerie d'abord, puis au banc d'essai au moyen de treuils et de vérins, à des efforts de flexion et de torsion de plus en plus sévères ; on ira jusqu'à la rupture, afin d'évaluer les limites de résistance de l'avion.

Le second exemplaire, lui, est affecté aux essais de fatigue.

Cette fois les contraintes ne sont plus appliquées en force, mais avec l'intensité qu'elles auront en exploitation normale. D'une part, on reconstitue les conditions de température, d'humidité et de pression qui seront celles des futurs vols ; d'autre part, on reproduit les diverses compressions, flexions, torsions et tractions rencontrées au cours d'un cycle normal d'utilisation, c'est-à-dire un décollage, un vol en croisière et un atterrissage. La répétition de ces contraintes mécaniques et physiques à un rythme accéléré permet de découvrir à partir de combien de cycles apparaissent les premières dégradations.

Le maintenir la maintenance. Alors que la période séparant deux "grandes visites" (révisions générales au cours desquelles l'avion est entièrement démonté) était de 8 500 heures d'utilisation pour la Caravelle, elle a été portée à 12 000 heures pour le Concorde et sera d'environ 20 000 heures pour le futur Airbus A-320.

Enfin, le vieillissement accéléré est le seul moyen qui permette de connaître l'évolution des nouveaux matériaux. Car si la résistance de certains composites, dont la mise au point remonte parfois à quelques années à peine, peut être déterminée par des essais à rupture, comment savoir, sinon par des essais de fatigue, la façon dont ces matériaux se comporteront dans dix ou quinze ans ? Si l'apparition de critiques n'est pas à craindre, des problèmes de collage peuvent par contre apparaître.

Quels que soient ses apports, il convient toutefois de signaler les limites de la méthode. En effet, le vieillissement accéléré, dans la mesure où il concentre sur quelques semaines ou quelques mois des cycles qui s'étendent sur plusieurs années, rend compte d'une manière très imparfaite des phénomènes où le temps joue un rôle déterminant, comme la corrosion, par exemple. D'autre part, il n'est pas prouvé non plus que l'on puisse à coup sûr assimiler des efforts répétés toutes les 30 secondes à des efforts qui, dans la réalité, ont lieu toutes les 3 heures. L'impact de la périodicité n'est certainement pas négligeable. Il n'en demeure pas moins que les essais de fatigue représentent un progrès considérable, ne serait-ce que par les renseignements qu'ils apportent sur l'évolution des structures aéronautiques en fonction du nombre des cycles d'utilisation.

Nous venons de voir que la conception et la construction d'un avion sont entourées de toutes sortes de précautions qui, normalement, devraient garantir sa solidité. Et pourtant un grand

**D**e ces enseignements, on tirera des normes de sécurité et des consignes d'entretien. Si, par exemple, on décelle une anomalie quelconque du train d'atterrissage au bout de 40 000 contacts fictifs avec le sol, on préconisera une révision tous les 4 000 atterrissages, appliquant ainsi un coefficient de sécurité très élevé, justifié par le rôle essentiel tenu par cet organe.

Qui plus est, les essais de fatigue seront poursuivis même après que les premiers avions de série auront été mis en service. Ainsi le constructeur conservera toujours plusieurs longueurs d'avance sur l'utilisateur ; il connaîtra par exemple le comportement de la cellule au bout de 300 000 heures de vol (soit environ 30 années d'exploitation), alors que les plus vieux appareils en service n'en seront encore qu'à quelques milliers d'heures de vol. C'est grâce à ces tests de vieillissement accéléré que les Britanniques ont pu dire au mois de juillet dernier que le Concorde avait encore un bel avenir devant lui, puisqu'il ne connaîtrait de sérieux problèmes d'usure que dans un demi-siècle.

Une meilleure connaissance des processus de fatigue permet également d'améliorer la fiabilité des appareils et, partant, d'al-

nombre d'appareils actuellement en service — la plupart, disent certains pilotes — ont des fissures. Pourquoi ?

Éliminons tout d'abord une idée fausse, qui consiste à incriminer les services officiels et à les accuser de laxisme. Avant que l'appareil soit jugé "bon pour le service", il doit en effet subir un certain nombre d'essais de vol, à l'issue desquels, si tout se passe bien, les autorités de tutelle — la DGAC (Direction générale de l'aviation civile) en France, la FAA (Federal Aviation Administration) aux Etats-Unis — lui délivrent un certificat de navigabilité (CDN dans le jargon aéronautique). Ce certificat est en quelque sorte le "parchemin" qui valide les performances annoncées par le constructeur. Dans la très grande majorité des cas, il est accordé sans que les services officiels aient à formuler des réserves qui remettent en cause l'avenir de l'appareil ; tout au plus suggèrent-ils quelques modifications de détail.

Cela dit, les essais de certification ne permettent pas d'entrevoir les problèmes qui surgiront à terme lors de l'exploitation de l'appareil. Qu'il s'agisse d'un court, d'un moyen ou d'un long-courrier, ils n'ont pour but que de vérifier le domaine de vol réel de l'avion (plafond à différentes charges, maniabilité de la machine aux basses vitesses, vol avec un moteur en panne, comportement et stabilité avec un centre de gravité déplacé, etc.). En aucun cas il n'entre dans les attributions des équipes d'essais de tester la robustesse des structures. Au stade de la certification, on peut dire que tous les avions sont également solides.

Alors, ces fissures, faut-il les imputer aux constructeurs ou bien aux compagnies utilisatrices ? Existaient-elles lors de la livraison des appareils ou sont-elles apparues après ? Si l'on en croit les avionneurs, les criques ou fissures sont leur véritable hantise. Non seulement à cause du danger potentiel qu'elles représentent, mais parce qu'elles raccourcissent considérable-

ment la durée de vie des pièces qui en sont atteintes, et qu'il n'est pas de leur intérêt d'avoir à remplacer ces pièces peu de temps après la livraison de l'avion, eu égard aux conséquences financières (garantie, immobilisation forcée) que de telles réparations entraînent. Aussi les constructeurs s'évertuent-ils à éliminer toute fissure au stade de la fabrication en soumettant les pièces à une minutieuse inspection.

**H**abituellement, pour détecter les criques, on utilise les ultra-sous ou les rayons X. L'Aérospatiale, pour sa part, emploie un procédé extrêmement performant, qui s'applique aussi bien aux alliages métalliques qu'aux matériaux non métalliques, et grâce auquel tous les défauts de surface invisibles à l'œil nu sont infailliblement mis en évidence. Avec ce système, la vérification d'une pièce s'effectue en quatre temps :

1<sup>o</sup> La pièce est enduite d'un produit fluorescent très pénétrant, capable de s'insinuer dans la moindre microfissure.

2<sup>o</sup> Après un rapide séchage, on applique sur la pièce un révélateur, qui se présente sous la forme d'une poudre blanche.

3<sup>o</sup> On attend alors que se produise le "ressuage" : le pénétrant qui est resté dans les fissures et a échappé au séchage remonte (ressue) par capillarité et imbibé le révélateur.

4<sup>o</sup> On observe la pièce sous lumière ultraviolette, afin que les critiques ressortent davantage.

Il est donc indéniable que, du côté des constructeurs, tout est mis en œuvre, tant au stade de la conception qu'à celui de la fabrication, pour prévenir les fissures et supprimer celles qui seraient accidentellement apparues. Mais trouve-t-on la même attention et la même vigilance du côté des utilisateurs ?

Si nous posons la question, c'est parce que les conditions dans lesquelles est exploité un appareil, fût-il excellemment

conçu et parfaitement construit, peuvent, dans certains cas, accélérer les processus de fatigue et, de ce fait, provoquer des fissures que le vieillissement en laboratoire n'avait pas prévues, du moins pas si tôt.

Prenons un exemple. On sait que, plus un avion vole haut, moins il consomme de carburant. On sait également que, depuis le bond fantastique du prix du pétrole, le poste carburant occupe une place prépondérante dans les comptes d'exploitation des compagnies. Ceci étant, les étapes courtes ne sont plus seulement de véritables gouffres à kérosène (lors d'un vol de 1 000 km, environ 40 % du carburant consommé est brûlé au moment du décollage et de la montée vers l'altitude de croisière), elles sont également devenues des gouffres à finance. Aussi, pour atteindre plus rapidement un niveau de moindre consommation et s'y tenir le plus longtemps possible, certains pilotes, à la demande expresse de leur compagnie, adoptent-ils un angle de montée plus raide que prévu, et ne redescendent-ils qu'au dernier moment. Résultat : la plus grande célérité des cycles de pressurisation et de dépressurisation engendre des fatigues beaucoup plus importantes que celles qui avaient été initialement calculées en fonction de montées et de descentes plus sages.

L'Association internationale des pilotes de ligne a d'ailleurs dénoncé ces procédures excessives, craignant qu'elles ne contribuent à « accélérer le processus de fatigue des cloisons qui limitent la zone pressurisée à l'arrière des appareils, dans une proportion qui n'avait pas été prévue lors de la conception desdits appareils il y a une quinzaine d'années » (c'est-à-dire lorsque le carburant était bon marché).

D'autre part, il faut se rappeler que les spectres de fatigue, d'après lesquels on a calculé la solidité des différents éléments de la cellule, ont été établis en fonction de certains profils d'étapes, correspondant d'assez

près aux lignes que l'appareil serait appelé à desservir. En conséquence, utiliser un appareil prévu pour de longs trajets sur des rotations courtes impliquant de nombreux décollages et atterrissages, c'est le détourner de sa véritable vocation et l'exposer à des surcharges qui, à la longue, risquent d'être dommageables.

Enfin, il faut bien reconnaître que certaines compagnies, pour gagner du temps et accroître la rentabilité, ne s'acquittent pas du suivi technique de leurs appareils avec tout le sérieux requis. Et il n'existe pratiquement aucun moyen de s'assurer de la qualité de leur maintenance.

Qui pis est, la concurrence sauvage qui s'est instaurée dans le transport aérien pousse certaines compagnies à se tromper de compétition : l'objectif prioritaire n'est plus la sécurité du passager, mais la rentabilité économique. Ainsi, la fameuse déréglementation tarifaire qui sévit outre-Atlantique, et que l'on essaie d'endiguer en Europe, incite certains transporteurs aux reins moins solides que d'autres à choisir la loi de la jungle pour ne pas avoir à succomber à celle du plus fort. Quitte à sacrifier la sécurité sur l'autel du profit.

Comment peut-on, par exemple, après la catastrophe de Manchester, envisager encore la condamnation de deux issues de secours sur les Boeing-747 "combi" (passagers + fret), sous prétexte que cette disposition (autorisée par la FAA) permettrait d'ajouter une rangée supplémentaire de fauteuils ? Le 22 août dernier, un Boeing-737 de British Airtour prenait feu au décollage sur l'aérodrome de Manchester, à la suite de l'explosion d'un de ses réacteurs. Cinquante-quatre passagers trouvèrent la mort, et quatre-vingt-trois furent blessés. Or, tous les rescapés ont relaté l'« effrayante bousculade » qui s'était produite lorsque les portes avant, les seules accessibles, s'étaient ouvertes, libérant les toboggans gonflables. Le manque d'issues praticables, tout comme l'exiguité des allées de dégagement

(l'appareil, destiné aux vols charters, comptait quinze sièges de plus que les modèles assurant les vols réguliers) ont certainement pesé lourd dans le bilan de la catastrophe.

Fort heureusement, il existe encore des compagnies sérieuses qui, telles la SAS, la Swissair ou la Lufthansa, ont renoncé, pour des raisons de sécurité, aux avantages financiers qu'aurait pu leur procurer un accroissement de la capacité de leurs appareils.

**P**our terminer, évoquons une autre catastrophe récente.

Non qu'elle ait un rapport direct avec la question des fissures, comme l'accident du Boeing 747 de Japan Airlines, mais parce que, comme les fissures, elle témoigne du nouvel état d'esprit qui règne dans l'aviation commerciale, où trop souvent les impératifs de la rentabilité priment ceux de la sécurité.

Le 2 août dernier, un Lockheed Tristar de la compagnie américaine Delta Airlines s'écrasa à l'atterrissement à proximité de l'aéroport de Dallas, faisant 132 victimes. Les causes de l'accident ont été rapidement identifiées : l'appareil, qui était en phase d'approche, s'est trouvé confronté à un phénomène particulier, le *wind shear* (littéralement le cisaillement du vent). Ce phénomène se rencontre généralement lors de la traversée d'une zone orageuse, ce qui était le cas à Dallas.

Contrairement à ce que l'on croit communément, un avion qui traverse un orage a beaucoup moins à redouter d'un éventuel foudroiement (car il se comporte comme une cage de Faraday) que les très violentes turbulences qui se produisent à l'intérieur de la perturbation. Il n'est pas rare en effet qu'une partie de la cellule soit prise dans un courant vertical ascendant de 90 km/h, tandis que l'autre partie subit un courant descendant de même vitesse.

Les avions, nous l'avons vu, sont conçus pour résister à de tels efforts, et il est exceptionnel que ces cisaillements verticaux soient responsables d'accidents graves. En revanche, un appareil en approche qui traverse un "cumimb" (cumulo-nimbus, nuage générateur d'orages) a tout à craindre des cisaillements horizontaux. Ceux-ci ne mettent pas en danger ses structures, mais, ce qui est infiniment plus grave, compromettent sa sustentation.

Expliquons-nous. Au-dessous d'une certaine vitesse, que l'on appelle vitesse de décrochage ( $V_s$ ), la portance diminue brusquement, et l'avion, qui n'est plus maintenu dans l'air, tombe. Aussi, en approche, comme au décollage du reste, le pilote s'efforce-t-il de maintenir une vitesse d'évolution. Par exemple, pour toute la phase d'approche, cette vitesse est au moins égale à  $1,3 V_s$ . Si, sur l'axe de descente qui conduit à la piste, se trouve un orage, l'avion, en pénétrant dans le cumulo-nimbus, commencera par rencontrer des vents de face extrêmement forts. Puis, au fur et à mesure qu'il s'enfoncera la composante vent de face diminuera, jusqu'à devenir nulle au centre de l'orage (où, par contre, les cisaillements verticaux seront à leur maximum).

La situation, bien que peu confortable à cause des secousses, n'aura rien eu jusque-là d'alarmant. En particulier, l'avion n'aura pas été confronté à un problème de régression de vitesse. Il faut savoir en effet que, en aéronautique, la seule vitesse qui compte, ce n'est pas la vitesse par rapport au sol, mais la vitesse par rapport à la masse d'air dans laquelle l'avion évolue. Ainsi la rencontre de vents de face ne fait qu'augmenter la vitesse relative de l'appareil et renforce sa sustentation.

En revanche, le problème de la vitesse va devenir critique à mesure que l'avion se dégagera de l'amas nuageux. Car le vent qui, quelques secondes auparavant, venait de face va subitement se transformer en vent ar-

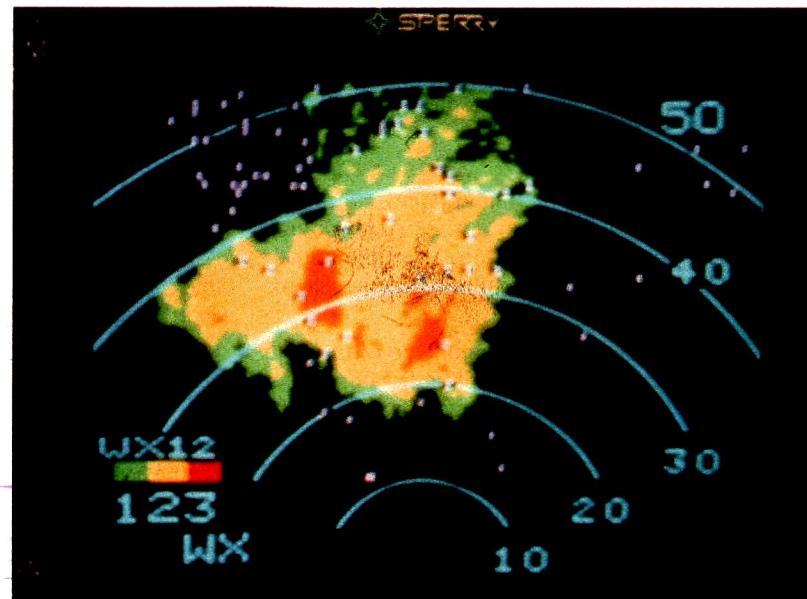
rière. Et si ce vent de dos est très violent, la vitesse de l'avion par rapport à la masse d'air tombera brutalement au-dessous de  $V_s$ : la chute deviendra inévitable.

Le phénomène de *wind shear* horizontal que nous venons de décrire est parfaitement connu des équipages. Si l'inversion des vents n'est pas trop forte, et si l'avion possède une marge de sécurité suffisante (s'il vole à 1,5  $V_s$ , par exemple), il peut se sortir de cette situation délicate. Dans le cas contraire, l'issue a toutes les chances d'être fatale.

Actuellement, le traitement du *wind shear* fait l'objet de nombreuses recherches, tant en Europe qu'aux Etats-Unis. Le phénomène apparaissant soudainement, la meilleure façon de le contrer, c'est de réagir rapidement. Or, si, comme on se plaît à le dire, piloter, c'est prévoir, la réponse sera d'autant plus rapide que le cisaillement horizontal aura été détecté à distance. C'est pourquoi les Américains et les Britanniques travaillent depuis cinq ans sur des systèmes embarqués de détection au laser. Des recherches identiques sont menées par deux firmes françaises: Bertin pour les appareils de détection au sol; Crouzet pour les appareils de détection embarqués. En attendant, des solutions transitoires existent, comme le système Alfa Floor mis au point par la SFENA et installé sur les Airbus. Ce système n'anticipe pas sur le *wind shear*, mais il protège l'avion dès que celui-ci entre dans une zone où sa vitesse risque de s'effondrer.

Devant les dangers représentés par le cisaillement horizontal, on peut toutefois se demander s'il est absolument indispensable qu'un avion se risque à percer un cumulo-nimbus. Une remise des gaz préventive n'est-elle pas préférable, quitte à ce que l'appareil revienne se poser 10 minutes plus tard (c'est-à-dire après que l'orage se sera éloigné de quelques kilomètres)?

Cette solution de simple bon sens n'a pas prévalu à Dallas, et cela a été la catastrophe que l'on



sait. Catastrophe qui est loin d'être exceptionnelle puisque, pour les seuls Etats-Unis, pas moins de treize accidents similaires se sont produits au cours des dix dernières années! Alors, qui est responsable? Un peu tout le monde, en vérité.

Les autorités aéroportuaires, d'abord, qui rechignent à acquérir des équipements Doppler de détection des vents au sol. Certains pilotes aussi, qui préfèrent prendre des risques plutôt que d'interrompre une approche et d'avoir un peu de retard à l'arrivée. Les compagnies également, qui ne dotent pas leurs avions de collimateurs de vol, alors que ces appareils présentent en permanence dans le champ de vision du pilote toutes les informations dont il a besoin, et le préviennent immédiatement dès que le bilan énergétique de sa machine s'effondre, c'est-à-dire dès que celle-ci s'expose à la perte de vitesse<sup>(2)</sup>. Les passagers eux-mêmes enfin, qui sont plus sensibles au respect des horaires qu'au respect des règles de sécurité, et qui jugent les compagnies sur leur ponctualité, leurs tarifs ou leurs prestations plutôt que sur les garanties qu'elles offrent aux usagers.

Pour en revenir aux fissures,

*L'orage, ennemi n° 1 d'un avion, surtout à l'atterrissement. Car il peut y souffler des vents arrière qui risquent de réduire, voire annuler la portance, cette force qui tient l'avion en l'air et qui est créée, justement, par la vitesse d'écoulement du vent de face sur les ailes de l'avion. Ce Stormscope est un appareil qui, au sein d'un orage, permet de détecter les zones de cisaillement de vents, où le sens d'écoulement de ceux-ci s'inverse brusquement et violemment.*

un dernier mot sur les moteurs. Eux aussi peuvent présenter des crises. En 1980, plus de 1 600 gros porteurs américains (DC-9, Boeing-727 et Boeing-737) ont été cloués au sol pour cause de révision: on avait détecté des lézardes dans certains réacteurs Pratt et Whitney. La catastrophe de Manchester dont nous avons parlé, consécutive à l'explosion d'un réacteur, aurait eu pour cause première une fissure dans la chambre de combustion.

Seules des inspections scrupuleuses et fréquentes peuvent empêcher que ces avaries ne provoquent des drames. Car, il est bien difficile de savoir à l'avance comment un moteur évoluera au fil des ans. Dans ce domaine, la méthode du vieillissement accéléré est impraticable. En revanche, une maintenance attentive palliera ce défaut de prévisions et évitera que les crises ne craquent.

(2) Voir *Science & Vie* n° 808: "Le pilotage tête haute".

# Jusqu'où peut-on reculer les limites de la mémoire ?

## *Curieuse expérience dans un rapide*

Je montai dans le premier compartiment qui me parut vide, sans me douter qu'un compagnon invisible s'y trouvait déjà, dont la conversation passionnante devait me tenir éveillé jusqu'au matin.

Le train s'ébranla lentement. Je regardai les lumières de Stockholm s'éteindre peu à peu, puis je me roulai dans mes couvertures en attendant le sommeil; j'aperçus alors en face de moi, sur la banquette, un livre laissé par un voyageur.

Je le pris machinalement et j'en parcourus les premières lignes : cinq minutes plus tard, je le lisais avec avidité comme le récit d'un ami qui me révélerait un trésor.

J'y apprenais, en effet, que tout le monde possède de la mémoire, une mémoire suffisante pour réaliser des prouesses fantastiques, mais que rares sont les personnes qui savent se servir de cette merveilleuse faculté. Il y était même expliqué à titre d'exemple, comment l'homme le moins doué peut retenir facilement, après une seule lecture attentive et pour toujours, des notions aussi compliquées que la liste des cent principales villes du monde avec le chiffre de leur population.

Il me parut invraisemblable d'arriver à caser dans ma pauvre tête de 40 ans ces énumérations interminables de chiffres, de dates, de villes et de souverains, qui avaient fait mon désespoir lorsque j'allais à l'école et que ma mémoire était toute fraîche, et je résolus de vérifier si ce que ce livre disait était bien exact.

Je tirai un indicateur de ma valise et je me mis à lire posément, de la manière prescrite, le nom des cent stations de chemin de fer qui séparent Stockholm de Trchörningsjö.

Je constatai qu'il me suffisait d'une seule lecture pour pouvoir réciter cette liste dans l'ordre dans lequel je l'avais lue, puis en sens inverse, c'est-à-dire en commençant par la fin. Je pouvais même indiquer instantanément la position respective de n'importe quelle ville, par exemple énoncer quelle était la 27<sup>e</sup>, la 84<sup>e</sup> la 36<sup>e</sup>, tant leurs noms s'étaient gravés profondément dans mon cerveau.

Je demeurai stupéfait d'avoir acquis un pouvoir aussi extraordinaire et je passai le reste de la nuit à tenter de nouvelles expériences, toutes plus compliquées les unes que les autres, sans arriver à trouver la limite de mes forces.

Bien entendu, je ne me bornai pas à ces exercices amusants et, dès le lendemain, j'utilisai d'une façon plus pratique ma connaissance des lois de l'esprit. Je pus ainsi retenir avec une incroyable facilité, mes lectures, les airs de musique que j'entendais, le nom et la physionomie des personnes qui venaient me voir, leur adresse, mes rendez-vous d'affaires, et même apprendre en quatre mois la langue anglaise.

Si j'ai obtenu dans la vie de la fortune et du bonheur en quantité suffisante, c'est à ce livre que je le dois, car il m'a révélé comment fonctionne mon cerveau.

Sans doute désirez-vous acquérir, vous aussi, cette puissance mentale qui est notre meilleur atout pour réussir dans l'existence : priez alors l'éditeur de vous envoyer son petit ouvrage écrit par W.R. Borg "les Lois Eternelles du Succès", en introduction à sa Méthode. Il est adressé à quiconque veut améliorer sa mémoire. Voici l'adresse : Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 758 — 6, place St-Pierre — 84057 Avignon Cedex.

E. DORLIER

### **BON GRATUIT**

A remplir en lettres majuscules en donnant votre adresse permanente et à retourner à :  
*Méthode W.R. Borg, chez Aubanel, dpt 758 — 6, place Saint-Pierre, 84057 Avignon Cedex, France,*  
pour recevoir sans engagement de votre part et sous pli fermé "Les Lois Eternelles du Succès".

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

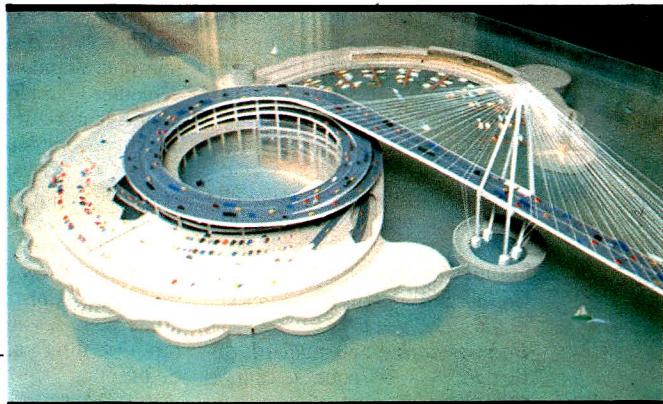
N° \_\_\_\_\_ Rue \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Age \_\_\_\_\_ Profession \_\_\_\_\_

*Aucun démarcheur ne vous rendra visite*

# LE PONT LE PLUS CHER DU MONDE



*L'île artificielle de l'un des projets.*

## QUATRE GRANDS PROJETS SONT SOUMIS

**AUX EXPERTS** pour la réalisation du quasi mythique tunnel qui reliera la Grande-Bretagne à l'Europe. Le choix se fera fin janvier. En attendant, vous pouvez faire le vôtre...

**P**our la vingt-septième fois (1), le projet d'une liaison fixe à travers la Manche refait surface ... et remous. De sérieux indices permettent de penser que cette fois-ci pourrait être la bonne.

En dix ans, les exportations de la Grande-Bretagne à destination du continent ont été multipliées par sept, passant de £ 4,2 milliards, près de 50 milliards de F, à £ 30 milliards, près de 345 milliards de F. Ses importations ont suivi un rythme similaire. Plus de 200 millions de voyageurs et plus de 20 millions de tonnes de marchandises ont transité au cours de l'année passée entre la France et la Grande-Bretagne.

D'ici l'an 2000, ce trafic aura doublé. Une Europe soudée doit disposer de moyens de communications rapides et efficaces. Si un pays du Marché commun est relié aux autres par un maillon plus faible, il risque d'être gravement défavorisé. Pour la première fois la Grande-Bretagne est demandeur.

Les étapes de la précédente tentative : appel d'offres en 1957 ; regroupement des trois soumissionnaires en 1970 ; signature du protocole officiel en 1971. Et dès 1974, deux énormes machines, des "tunneliers", commencèrent à creuser un tunnel uniquement ferroviaire, à Sangatte du côté français et à Douvres du côté anglais. Quelques mois plus tard, alors que quelques centaines de mètres seulement avaient été percés, les britanniques faisaient volte-face et décidaient de geler les travaux. En 1975, le gouvernement Wilson navigue en effet en pleine inflation et estime qu'il ne peut plus s'offrir le luxe d'un tunnel.

Séquelle de ce contretemps : la Grande-Bretagne exige en 1985 que ni la France, ni elle ne mettent un sou dans l'entreprise, qui sera donc privée.

Technique : comment creuser ce tunnel ? Sera-t-il foré, posé ? Ou encore, sera-ce un tunnel sur un pont ou un pont plus un tunnel ? Trois projets, ici présentés, ont été ressortis des cartons. Il en est apparu un qua-

trième, qui prévoit la construction de trois tunnels forés, dont deux réservés à la circulation automobile et un au trafic ferroviaire.

Plus d'une centaine d'experts, de chaque côté de la Manche, examinent ces projets. Ils devront se décider fin janvier-début février. Les gouvernements, bien que désintéressés, devront néanmoins apporter des garanties sur l'irréversibilité du projet. Un traité franco-britannique devrait être soumis à la session de printemps au Parlement français, la procédure de ratification devant être achevée vers l'été 1987. Le gros des études complémentaires pourrait alors commencer, le début des travaux se situant fin 1987 ou 1988. Des travaux qui s'étaleront selon les projets, de 5 à 7 ans.

Jamais il n'y a eu, de par le monde, de projet d'une telle envergure sur le plan financier. Le moins coûteux des 4 projets présentés dépasse de plus de 2 fois et demi ce qui a été investi dans le chantier le plus gros jamais réalisé, à savoir la plate-forme d'exploitation de gaz offshore en Australie (Woodside : 1,6 milliard de F). Aussi, si un des projets voit le jour, il sera vraisemblablement le chantier du siècle, ce qui explique la lutte acharnée que se livrent actuellement les concurrents.

par Jacqueline DENIS-LEMPEREUR

(1) Le premier projet, celui de Nicolas Desmarest, remonte à 1751.

## I. EUROPONT : AUTOROUTE SUSPENDUE ET TUNNEL FERROVIAIRE

**Partenaires.** Côté français : Nord-France ; Ballot S.A. ; FFBM Construct (filiale de la société belge des bétons) ; Chantiers modernes ; Banque Neuflize, Schlumberger, Mallet ; Continental Trust. Côté britannique : ICI Fibres ; Laing International ; Brown and Root ; Blue Circle-cement ; Polymere cement ; Pell, Frishmann and Partners ; Mulcahy, McDonagh and Orwell ; Arbutnott ; Latham Bank ; Bank of Credit and Commerce international.

**Cout annoncé :** 50 milliards de F, dont 8 à 10 pour le tunnel ferroviaire.

**Durée des travaux :** 5 ans.

Ce serait un pont de la nouvelle génération, puisque ses travées, au nombre de 7, atteindront presque 5 km chacune ; ce qui n'a jamais été réalisé. Pour donner un ordre d'idée, le pont de Tancarville a une portée inférieure à 1 km et celui qui enjambe le Bosphore, 1 300 m de portée ; les plus grands ponts ont été réalisés au Japon avec une portée de 1 400 et 1 700 m. Les 6 paires de piles qui porteront le pont s'élèveront chacune à 340 m de haut. Cette réalisation est rendue techniquement possible grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux. Les câbles porteurs (4 par travée) et les suspentes espacées de 30 m ne seront pas en acier, mais en kevlar, aussi résistant mais six fois plus léger que l'acier.

Le kevlar, dont Du Pont de Nemours produit quelque 25 000 à 30 000 t par an, est utilisé avec succès depuis près d'une vingtaine d'années pour ancrer les plates-formes pétrolières en mer. Il en faudrait 300 000 t pour réaliser ce pont. Chaque

câble aurait un diamètre de 1,4 m ! Le béton utilisé pour les piles serait enrichi de poudres de silice et de résines pour offrir une plus grande résistance. Les véhicules circuleraient sur le pont à l'intérieur d'un tunnel de 35 km de long, suspendu à 70 m au-dessus des vagues. Deux niveaux de 6 voies chacun assureront la circulation qui pourrait dépasser 18 000 véhicules à l'heure. Deux voies supplémentaires à deux pistes au-dessus et au-dessous des autoroutes pourront être interconnectées en cas de besoin.

Cette gigantesque carène de 35 km de long serait préfabriquée élément par élément. Chaque élément, dont les constructeurs ne savent pas encore s'ils feront 60 ou 240 m de long, sera fabriqué comme une coque de navire dans des chantiers navals.

Dans la peau d'aluminium qui habillera chaque élément, seront incluses des baies vitrées, afin que les automobilistes puissent admirer le paysage...

Le revêtement de l'autoroute sera réalisé en bandes de PVC enrobant des gravillons, permettant une surcharge de 7 kg/m<sup>2</sup>, une sorte de moquette routière facile à changer.

Un des arguments des promoteurs est le renouveau qu'il apporterait dans les industries en déclin, comme les chantiers navals et les aciéries. Malgré l'utilisation du kevlar, il faudra en effet 700 000 t d'acier pour la fabrication du béton armé et 1,3 million de t pour la fabrication du tunnel suspendu. Autre argument : il assurerait 9 400 emplois durant les 5 ans de travaux, et ensuite 6 000 emplois pour la maintenance.

Pour les voyageurs en train, les promoteurs ont prévu un tunnel à une seule voie, de 6 m de diamètre foré sous la Manche. La ventilation y serait assurée grâce aux piliers du pont qui serviraient de cheminée d'aération.

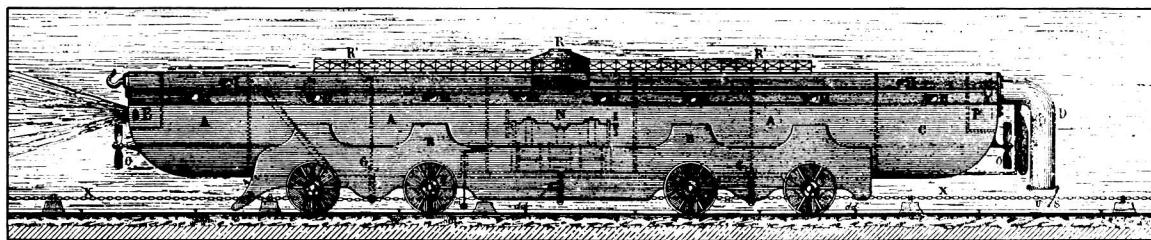
Le point crucial, outre le coût annoncé, 50 milliards de F, reste le problème qu'il peut poser pour la circulation maritime. En effet, la Manche est parcourue par deux grands chenaux de navigation d'une dizaine de kilomètres de large chacun, espacés l'un de l'autre par une zone de séparation.

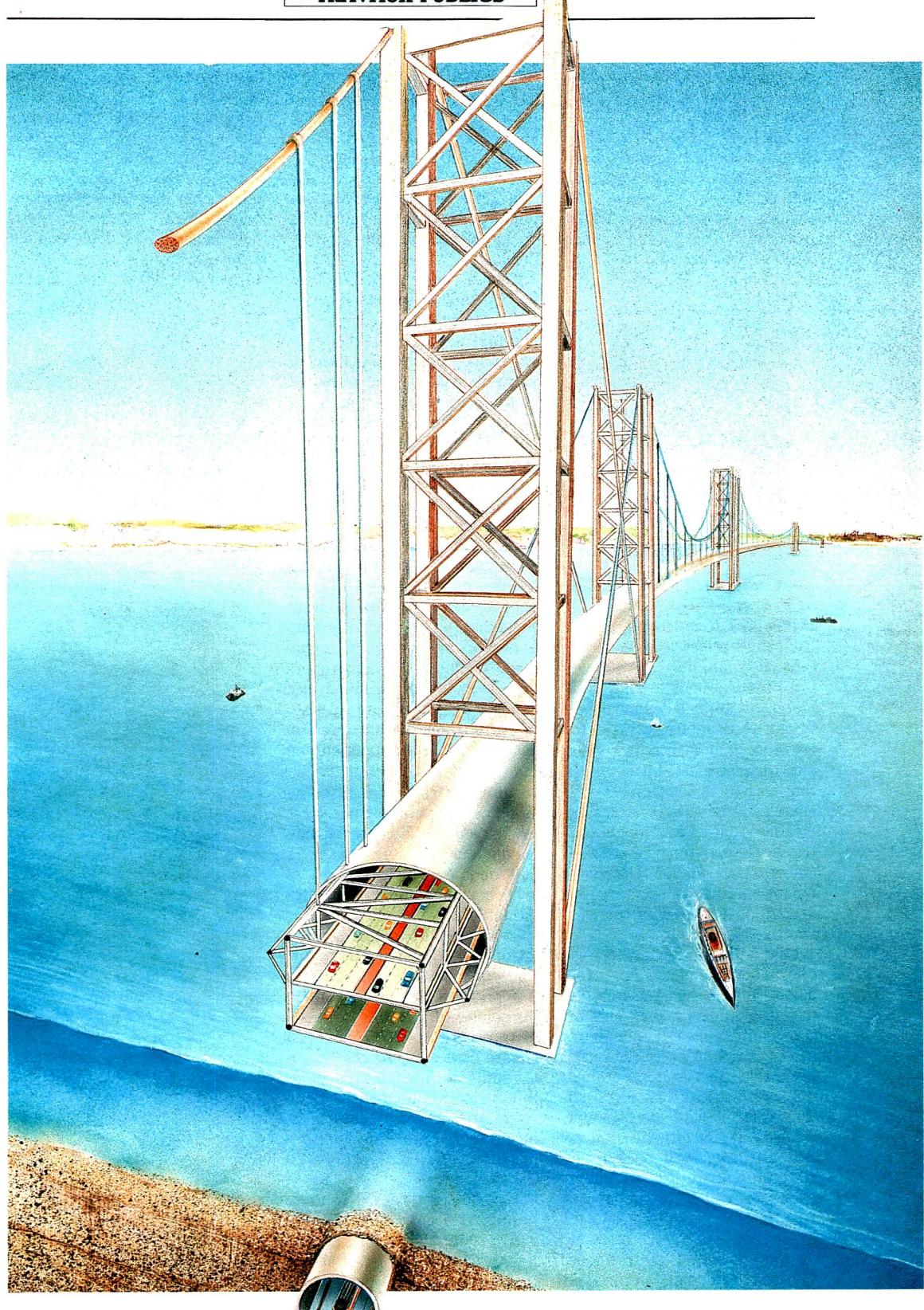
Malgré ses portées de près de 5 km, le pont franco-britannique aura forcément 4 piles sur 6 plantées dans la Manche, dont certaines en plein milieu des chenaux de navigation. Les promoteurs du projet prétendent que la présence des pylônes constituera au contraire une aide précieuse à la navigation. Chaque pylône sera, en effet, pourvu de la gamme entière de dispositifs de localisation et d'avertissements acoustiques, visuels et électroniques et jouerait ainsi le rôle de phare-balise. Chaque pile serait protégée par une île artificielle conçue pour freiner ou arrêter un navire.

Au cas où ce projet aboutirait, il faudrait entamer avec l'Organisation maritime internationale (OMI), des négociations, qui risqueraient de retarder le projet.

Ses concurrents voient surtout dans ce projet une façon de promouvoir de nouveaux matériaux, qui pourraient peut-être être utilisés pour d'autres ponts à Gibraltar, Messine, au Verdon et pour doubler le pont du Bosphore.

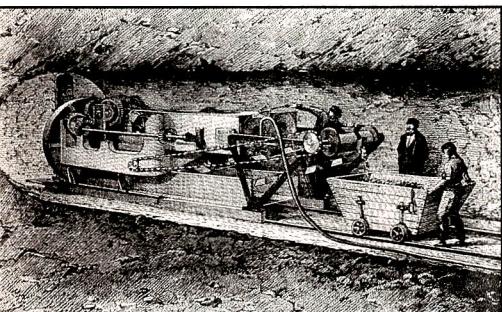
**La locomotive immersible**  
a été inventée, en 1875, par le Dr Locomme, pour traverser la Manche. Ce projet ne dépassera pas le stade de la planche à dessin.





## II. FRANCE-MANCHE : NAVETTES FERROVIAIRES POUR TOUS

**Partenaires.** Côté français : Bouygues, Dumez, Société auxiliaire d'entreprises, SPIE-Batignolles, Crédit Lyonnais, Banque nationale de Paris, Banque Indosuez. Côté britannique : Balfour Beatty, Costain UK, Tarmac Construction, Taylor Woodrow, Wimpey International, National Westminster Bank, Midland Bank.



**La machine de Beaumont qui aurait pu servir, en 1880, à creuser un tunnel sous la manche.**

**Coût annoncé :** 27 milliards de F.

**Durée des travaux :** 7 ans.

C'est le projet le moins coûteux. Il comprend trois tunnels forés à 40 m sous le fond de la mer. Deux tunnels à une voie de 7,3 m de diamètre, avec, entre les deux, une galerie de service d'un diamètre de 4,5 m, reliée tous les 375 m aux tunnels principaux. Cette galerie et ses rameaux de liaison assurent la ventilation, la maintenance et la sécurité. Des voies d'interconnexion permettent, en cas de besoin, de passer d'un tunnel à l'autre.

Ce qui fait son originalité, c'est que, contrairement aux trois autres, il ne véhiculera que des navettes, trains de voyageurs ou trains-autos. Les conducteurs seront dispensés de conduire durant la traversée du tunnel, qui s'effectuera à 160 km/h. Toute la fiabilité du système repose sur une organisation rigoureuse afin qu'il n'y ait pas d'attente pour les automobilistes. Ceux-ci n'auront pas besoin de réserver ni d'arriver en avance, comme c'est le cas pour les moyens actuels de traversée. Ce que l'on peut perdre en

temps par rapport aux autres systèmes où il n'y a pas de rupture de charge, on le gagne en sécurité. Pas de risque d'accidents ou d'incendie dans les tunnels. Le système de ventilation sera également beaucoup plus léger puisqu'il n'y aura pas de problème de gaz d'échappement.

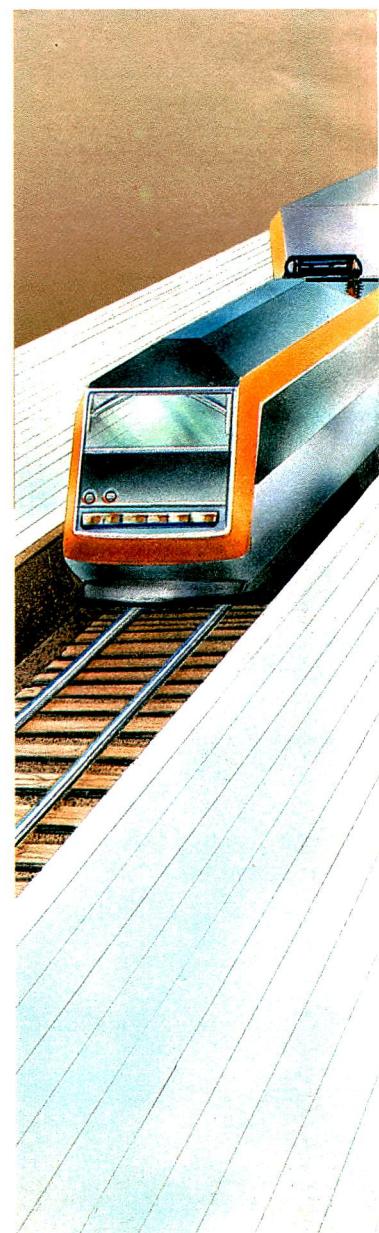
Toutes les formalités de police, de douanes et de péage sont rassemblées au départ de chacune des côtes ; ensuite un système de signalisation dirige le voyageur vers la première navette en partance. Il y aura des navettes spécialement conçues pour transporter 25 poids lourds avec des plates-formes de chargement pour embarquer facilement. Les autres navettes seront formées d'une ou de deux rames. Soit, dans ce dernier cas, 13 wagons à un seul niveau pour les cars ou caravanes et 13 wagons à deux niveaux pouvant accueillir 160 voitures. Il y aura donc alors une locomotive à chaque extrémité. On embarquera de chaque côté de la navette (longue de 800 m), du quai surélevé ou non, suivant que l'on accède au niveau supérieur ou non et par l'une des deux ouvertures prévues, de 20 m de large, ce qui permet d'accélérer le chargement. Ensuite chaque conducteur roulera jusqu'au bout de la navette, et pourra, s'il le désire, descendre de voiture durant le trajet.

La durée du parcours sera de 28 minutes. Les navettes pourront partir toutes les 3, voire les 2 minutes et demie en période de pointe, offrant une capacité de transport de 4 000 véhicules à l'heure dans chaque sens, ce qui est supérieur au débit d'une autoroute conventionnelle à deux voies. Aux heures creuses, il est quand même prévu de faire démarrer une navette toutes les 20 minutes.

Dans le pire des cas, si on rate une navette en période d'heure creuse, on met moins d'une heure pour traverser. Dans le meilleur, un peu plus d'une

demi-heure. Quand les navettes se suivent à 2 minutes 30 d'intervalle, il y a 10 navettes en même temps dans le tunnel, espacées chacune de 4,2 km.

Les tunnels seront forés dans une roche dite "craie bleue" du cerromanien, roche imperméable assez bien connue grâce à de nombreux sondages effectués entre 1960 et 1980. Seule la



partie française sera plus difficile à creuser, car elle présente de nombreuses fissures. Dans les zones fissurées, il est prévu d'injecter un mélange de ciment et d'argile. Six tunneliers seront mis en œuvre du côté britannique et cinq du côté français.

Sur l'ensemble des tunnels, les parois seront revêtues de voussoirs en béton armé et en fonte.

On estime que le tunnel sera percé à une vitesse moyenne de 500 m par mois côté français, un peu plus rapidement du côté anglais, où la structure géologique est meilleure. « 32 banques ont accepté de s'engager de façon ferme », précise Jean-Paul Parayre, ancien président de Peugeot et président du groupement français attaché au projet.

Par ailleurs, les compagnies nationales de chemin de fer sont décidées à mettre en service un matériel roulant spécial bi-tension, compatible avec les gabarits existant de part et d'autre de la Manche. L'extension future du TGV mettra Paris à 3 heures de Londres. Les tarifs, (prix référence 1985), seront 10 à 12 % moins chers que ceux des ferries.



### III. TRANSMANCHE EXPRESS : TROIS TUYAUX GÉANTS DE 50 km

**Partenaires.** Le promoteur du projet, le milliardaire texan, James B. Sherwood, n'a pas constitué de consortium. Il procédera à un appel d'offres si sa proposition est retenue. Le projet est subventionné par British Ferries Ltd, dont M. Sherwood est le président. Cette société est une filiale de Sea Containers of Bermuda, qui a racheté en 1984 la compagnie de ferry-boats Sealink à la British Railways. Le Crédit du Nord, huitième établissement financier français, vient de rejoindre ce camp.

**Cout annoncé :** environ 30 milliards de F.

**Durée des travaux :** 5 ans.

Apparu très tard et quasiment tenu secret jusqu'au 31 octobre

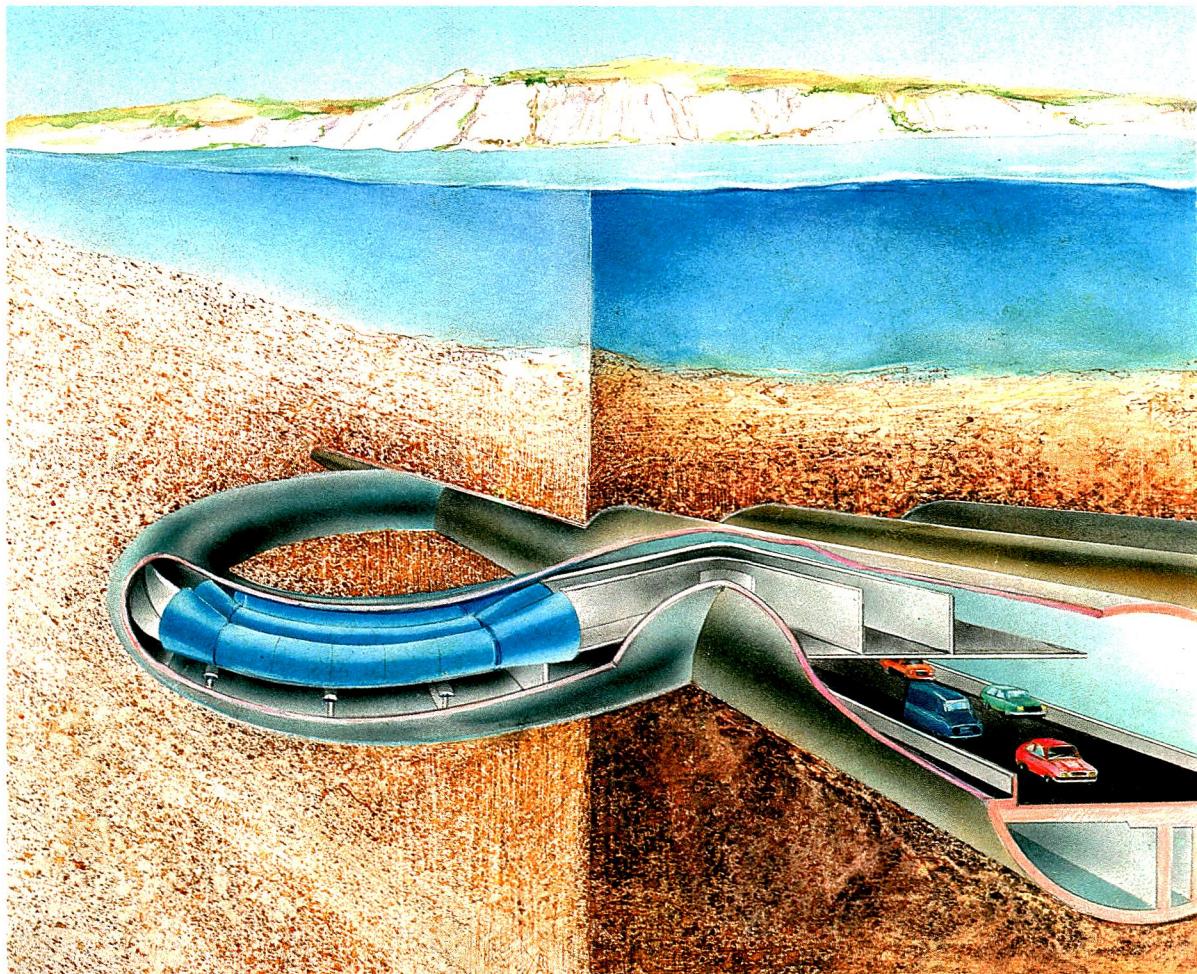
dernier, jour de remise des dossiers, il n'a cessé d'évoluer depuis. Il consistait d'abord en deux tunnels forés de 48 km de long à 40 m environ du fond de la Manche. Pour la conception des tunnels, M. Sherwood s'est adressé à une société italienne, SPEA, la plus expérimentée au monde, selon lui.

A l'intérieur de ces tunnels devaient circuler, en alternance, trains et véhicules automobiles. Chaque train aurait été précédé d'un véhicule de service chargé de s'assurer que la voie était libre et qu'un automobiliste égaré ne risquait pas de rencontrer une locomotive venant en sens inverse.

Devant la réserve des experts

quant au mélange des trafics, M. Sherwood a modifié son projet initial. Il prévoit désormais trois tunnels dont un réservé exclusivement au chemin de fer. Chacun des deux autres tunnels de 12 m de large, un pour l'aller, l'autre pour le retour, comportera deux voies plus une voie de secours.

Le gros problème dans un ouvrage de ce type, c'est la ventilation. M. Sherwood estime l'avoir résolu. C'est même pour garder le secret de sa trouvaille qu'il aurait révélé aussi tard sa participation. Il utiliserait un nouveau procédé employé au Japon, en particulier dans le tunnel routier de Ken Etsu inauguré en septembre 1985 (qui



n'atteint pas 20 km). Jusqu'à présent, on se contentait de diluer l'air des tunnels routiers avec de l'air frais pour diminuer sa concentration en impuretés et en gaz toxiques. Pour un tunnel de 50 km, ce procédé demanderait des arrivées d'air frais au rythme de 12 000 m<sup>3</sup> à la seconde. Grâce au nouveau système, qui consiste à purifier l'air par précipitation électrostatique (les particules sont filtrées et retenues), M. Sherwood n'aura besoin que de 650 m<sup>3</sup> d'air frais par seconde pour diluer et purifier l'atmosphère du tunnel.

Chacun des deux tunnels serait donc équipé de 19 stations d'épuration d'air, situées dans

des tunnels de dérivation, de même diamètre que le tunnel de circulation ; il y aurait donc une station tous les 2 km environ. L'air frais serait injecté par 6 points de ventilation dont 4 sur les côtes française et anglaise et les deux autres dans la Manche, en dehors des chenaux de navigation. Ces puits, qui s'élèveront à 27 m au-dessus du niveau de la mer, comme de vastes cheminées, seront protégés par une digue de rochers destinée à résister à "l'assaut" d'un navire de gros tonnage. Mais même grâce à ce système, chaque tunnel ne pourrait néanmoins pas admettre plus de 1 600 voitures et 300 poids lourds par heure. Ce qui correspond à la moitié du

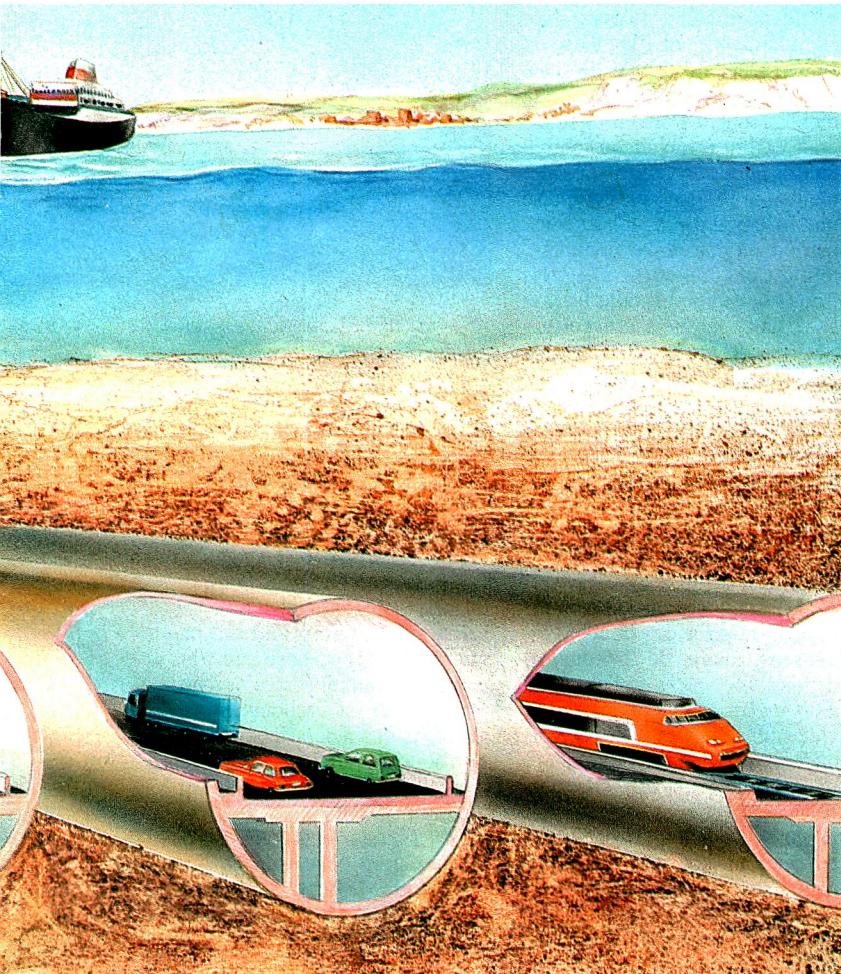
trafic d'une autoroute à deux voies dans chaque sens.

M. Sherwood semble avoir tout prévu, jusqu'aux tarifs : 92 F par passager, qu'il voyage en train, car, voiture ou camion (aller simple). Il a même fait réaliser une étude par deux psychologues, afin de vérifier que les conducteurs ne risquaient pas de devenir fous en roulant pendant 50 km dans un tunnel. Leur attention sera maintenue en alerte grâce à l'éclairage et à un système de panneaux « porteurs d'informations stimulantes ». Il y aura même des dessins animés pour les jeunes enfants.

On peut malgré tout s'interroger sur la véritable motivation de M. Sherwood, quand on sait qu'il possède 32 ferries répartis dans la Manche et la mer du Nord. Il avoue lui-même qu'il y aurait de bonnes raisons de ne pas édifier une liaison fixe à travers la Manche, si on pouvait améliorer le service actuel des ferry-boats.

Les autres compagnies propriétaires de flottes qui font la liaison avec la Grande-Bretagne ont, quant à elles, commencé la partie de bras de fer. Britanny Ferries va ouvrir un nouveau service de passagers et de fret sur la ligne Cherbourg-Poole. Durant tout l'été le *Cornouailles* offrira une liaison quotidienne pour 500 passagers, 55 voitures et 44 cars et camions. La compagnie Townsend Thoresen, quant à elle, a annoncé la mise en service en 1987 de deux nouveaux navires géants entre Calais et Douvres. Peut-être un troisième par la suite. Ces transbordeurs géants accueilleront chacun 2 400 passagers et 700 voitures et pourront assurer chacun 10 traversées quotidiennes, d'une durée d'une heure et demie. Une guerre des tarifs en perspective pour le futur pont ou tunnel !

Au cas où l'un des trois autres aboutirait, il est probable que la société de M. Sherwood serait intégrée au projet choisi.



## IV. EURO ROUTE : BOUT À BOUT, UN PONT, UN TUNNEL, UN PONT

**Partenaires.** Côté français : Alsthom ; GTM Entrepose ; Compagnie générale d'électricité. Usinor ; Paribas ; Société générale. Côté britannique : British Ship Builders ; British Steel Corporation ; John Howard ; Kleinwort-Benson ; Trafalgar House ; Barclay's Bank.

**Cout annoncé :** 57 milliards de francs.

**Durée des travaux :** 6 ans.

C'est le projet le plus séduisant sur le plan de la technique, car il suppose des innovations dans de nombreux domaines. Son coût et les aléas de sa fabrication risquent toutefois de lui porter tort. Il combine pont et tunnel. Euro Route, c'est d'abord un pont à haubans (câbles d'acier) de 7 km de long du côté français et de 8,5 km du côté anglais, de 500 m de portée, suspendu à 50 mètres au-dessus des vagues.

C'est ensuite une rampe hélicoïdale de 2 km de parcours qui, en trois tours de route, rejoint une île artificielle équipée d'hôtels, de restaurants, de boutiques hors taxes, d'aquarium géant, etc.

Ensuite, c'est le tunnel immergé, posé dans une tranchée sur le fond de la mer et non foré, qui relie les deux îles ; il aura environ 21 km de long. Il contiendra deux routes à deux voies superposées.

La vitesse autorisée sera de 100 km à l'heure sur le pont à deux voies (avec une bande supplémentaire d'arrêt d'urgence), de 60 km à l'heure sur les rampes de descente à trois voies (plus une bande d'arrêt d'urgence) et de 80 km à l'heure dans le tunnel à deux voies (plus une bande d'arrêt d'urgence). 5 minutes pour franchir le pont, 2 minutes pour descendre sur l'île, un quart d'heure pour parcourir le tunnel, puis à nouveau 2 minutes pour remonter sur l'autre île et 5 minutes pour

franchir l'autre pont : soit 30 minutes en tout !

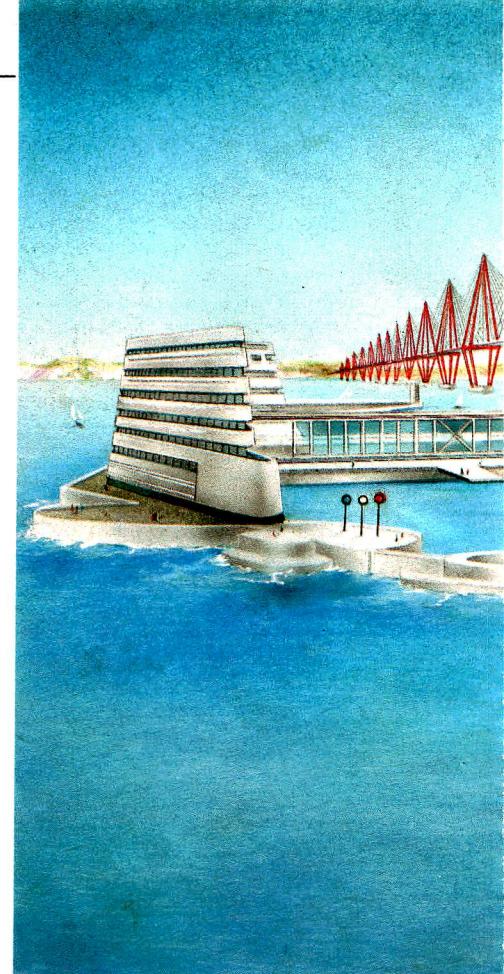
Cette autoroute pourra digérer facilement 25 000 véhicules par jour dans les deux sens ; mais en début d'exploitation on n'attend pas plus de 12 500 véhicules.

Par ailleurs, un tunnel à deux voies, foré cette fois, servira uniquement à assurer la liaison ferroviaire. Il sera creusé à la fois à partir de la terre ferme et à partir des îles artificielles.

Avant de poser le tunnel immergé, réservé aux voitures, il faudra draguer une tranchée d'une dizaine de mètres dans la craie au fond de l'eau ; ce n'est pas une mince affaire, car la roche qui affleure est assez dure (du même type que la falaise de Douvres) et se trouve de 30 à 60 mètres sous le niveau de la mer. En tout, 9 millions de m<sup>3</sup> de craie seront arrachés du fond. Il faudra faire construire spécialement une drague, qui comporte une machine d'ensouillage sous-marine supportée par une plate-forme auto-élévatrice. Trois firmes hollandaises, dont c'est la spécialité, ont déjà été consultées à cet effet. Le plus gros engin existant ne drague pas à plus de 30 mètres.

Le tunnel posé dans la tranchée sera recouvert de remblai (sables et graviers), puis revêtu de béton, si bien qu'une sorte de bourrelet de 4 à 5 mètres de hauteur sillonnera la Manche.

Les éléments de ce tunnel s'apparentent à des doubles coques de navire, de 250 mètres de long, 14 mètres de haut et 26 à 30 mètres de large. Fabriqués vraisemblablement à St-Nazaire, où leur production redonnerait un coup de fouet aux chantiers navals, ils seraient remorqués par mer jusqu'à Dunkerque, où ils seraient achevés ; en particulier, on remplirait de béton la double coque, qui, plus lourde que l'eau, serait ensuite acheminée jusqu'au chantier, qui le

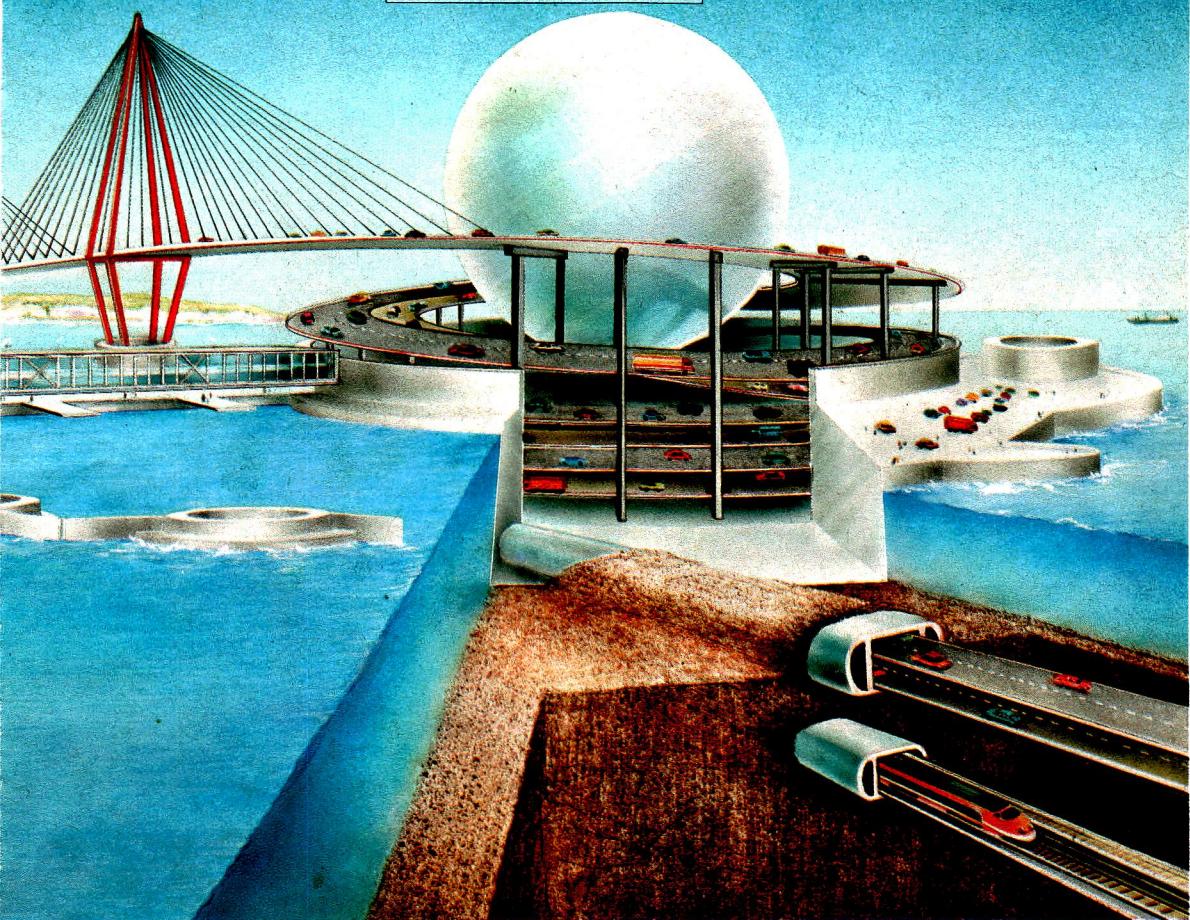


poserait dans la tranchée sous-marine.

Il faudrait également faire construire spécialement cet engin, inspiré directement des grosses barges-ascenseurs qu'on utilise dans les techniques offshore, pour intervenir au fond de l'eau. Ce n'est pas non plus une mince affaire, car il s'agira, à l'aide de caméras sous-marines, d'ajuster, au centimètre près, les caissons les uns aux autres. Chaque caisson est posé sur des coussins d'appui, sortes de baudruches de caoutchouc, protégées par des aciers inoxydables très souples, gonflées au dernier moment et dans lesquels on injecte du ciment.

Des tunnels immergés de ce type existent déjà, mais ils sont plus courts : 5 km pour celui qui relie Oakland à San Francisco, aux Etats-Unis.

Pratiquement tous les élé-



ments seront préfabriqués et amenés par flottaison, même les deux îles, ainsi que les 31 éléments du pont dont chacun représente un pont à part entière de 500 m de portée. On a bien remorqué des plates-formes pétrolières de 600 000 tonnes !

Les prouesses techniques que nécessite la réalisation du projet Euro Route, lui valent de cuisantes critiques, en particulier de la part de ses concurrents. « Trop de paris dans ce projet », estime-t-on. Le remorquage de tous les éléments sur la Manche, par tous les temps, risque d'être périlleux, même s'il est séduisant. Et, comment réussir à juxtaposer au centimètre près, des gros tubes métalliques par 50 m de profondeur, dans une mer où règnent de violents courants qui ne s'apaisent que durant une vingtaine ou une quarantaine de minutes par jour.

Bref, beaucoup d'inconnues, dans ce projet ambitieux. Par ailleurs, ses détracteurs opposent également les conditions climatiques, qui en hiver, risquent de gêner la circulation sur les ponts et sur les rampes d'accès aux îles. « Il n'y aura pas d'arrêt de la circulation plus de trois jours par an », rétorquent les promoteurs. Le brouillard, avec visibilité inférieure à 200 mètres, ne se montrerait que 72 heures par an, tandis que le verglas serait moins à craindre que sur les routes terrestres, à cause du réchauffement dû à la mer.

C'est le vent qui semble poser le plus de problèmes : près du cinquième du temps il souffle à plus de 30 noeuds. Pour parer les rafales, il est prévu d'installer des pare-vents le long du parapet du pont.

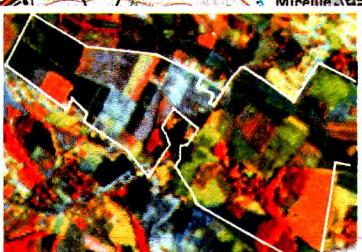
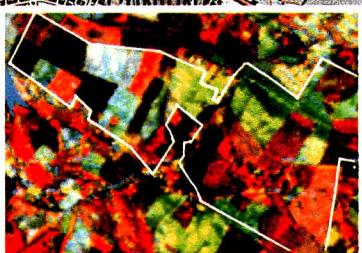
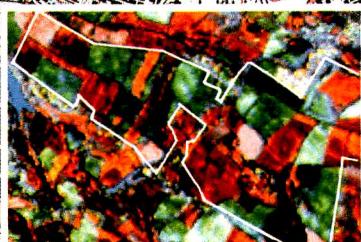
Mais le point le plus inquiétant

reste la triple spirale qui descend du niveau + 50 mètres à - 30 mètres, avec une pente de 3,8 %, et un rayon moyen de 115 m dans l'axe de la chaussée pour un dénivelé de 83 mètres.

Selon certains experts routiers, ces rampes seraient dangereuses. Ce serait un piège pour tous les véhicules légers roulant à plus de 60 km à l'heure. Et comment réussir à contraindre tous les conducteurs à lever le pied de l'accélérateur après 10 km d'autoroute rectiligne ?

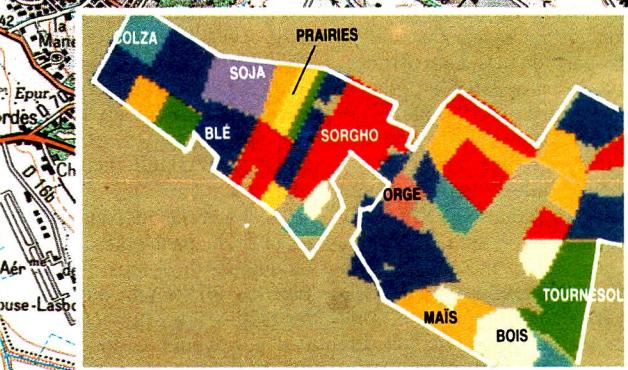
Dès que la vitesse dépassera 75 km à l'heure, un poids lourd perdra le contrôle de son véhicule ; au cas où les freins lâcheraient, cette vitesse limite serait atteinte avant la moitié de la descente. On sait pertinemment que, sur les autoroutes françaises, certaines descentes à 4 % sont génératrices d'accidents. ●

# LE MARCHÉ DES



## LE MAÏS, LE COLZA ET LE BLÉ VUS DU CIEL

A une dizaine de kilomètres à l'est de Toulouse, la commune de Flourens est entourée de champs. Sur ce site, 4 clichés simulant les observations que transmettra SPOT ont été réalisés à des dates différentes. Une carte de référence (à droite) a été établie préalablement. Dès le 6 mai, blé et colza se distinguent, respectivement en rouge orangé et en rose. Les champs des cultures non sorties de terre sont de couleur verte. Le 16 juin, les différentes cultures sont difficilement reconnaissables car elles ont toutes, excepté le tournesol, de petites pousses, donc des réponses spectrales proches. Le 30 juin, les cultures d'hiver ont déjà été coupées ; leurs champs nus ressortent en vert ; mais maïs et sorgho, en plein épanouissement, apparaissent en bleu et sont indifférenciables. Ils le seront encore le 12 août ; à cette date, le colza commence à repousser, et ressort aussi en bleu.



par Françoise HARROIS-MONIN



# MAGES DE LA TERRE

TELEDETECTION

A PARTIR DE JANVIER 86, LE SATELLITE

**FRANCAIS SPOT** construit par Matra, doit commencer à prendre des gros plans de la Terre, comme le fait depuis 14 ans le satellite américain *LANDSAT*. Ce dernier, moins performant, n'a jamais gagné d'argent sur le jeune marché de la "télédétection", qui est la manière moderne de regarder par-dessus le mur du voisin. *SPOT* va-t-il faire fortune là où son aîné a échoué ?

**V**oici treize ans que l'homme scrute la Terre à travers les yeux des satellites artificiels. Plus d'une décennie qu'il regarde le sol à partir de l'espace, pour y détecter les phénomènes géologiques, botaniques, hydrologiques, climatiques qui ne sont pas décelables "au ras des pâquerettes", mais demandent le recul de l'espace pour être correctement perçus. Ces engins civils d'observation produisent chaque année des milliers d'images de notre planète, et celles-ci permettent aux spécialistes d'étudier les mouvements de la croûte terrestre, de surveiller la végétation et les cultures, d'évaluer l'importance des récoltes, de suivre l'avancée des déserts, de mesurer l'étendue des sécheresses, la vitesse de disparition des forêts, la force dévastatrice des cataclysmes.

Cette tâche est primordiale pour l'homme, mais elle n'est guère payante pour les orga-

## LES IMAGES DE LA TERRE APPARTIENNENT À TOUT LE MONDE

S'appuyant sur le traité de 1967 qui garantit l'utilisation pacifique de l'espace, les Etats-Unis, tout en commercialisant les clichés de LANDSAT, respectent le principe de la libre dissémination des renseignements diffusés par son satellite : aucun gouvernement ni aucun groupe de particuliers ne jouit d'un accès privilégié à ces informations, qui sont vendues sans exclusive à tout client qui veut bien les acheter. Pas question, par exemple, de réserver à certains le monopole des photos concernant telle ou telle région de la planète.

Néanmoins, certains pays, notamment ceux du tiers monde qui ne disposent pas de spécialistes formés pour exploiter les images de télédétection, ont craint que quelque puissante multinationale ne mette à profit ces clichés pour s'approprier leurs richesses. Ou encore, qu'un gouvernement de pays développé ne s'en serve contre eux comme d'une arme de chantage politique, puisqu'il peut connaître par avance l'importance de leurs prochaines récoltes, les menaces de sécheresse et autres informations essentielles de leur économie.

En août 1982, à la conférence Unispace tenue à Vienne, soixante-dix-sept pays ont tenté de faire voter une résolution qui aurait alloué à chaque gouvernement la priorité des données captées sur son propre territoire. La motion prévoyait en outre que toute vente d'information à un tiers serait soumise à l'accord de la nation concernée. Proposition rejetée. Les Etats-Unis continuent de vendre les clichés LANDSAT à tout preneur. Le gouvernement français et la société SPOT-Image ont adopté la même politique : aucun droit exclusif, aucune priorité sur les images de notre satellite. Mais cette position n'a jamais été entérinée en droit international et fait encore l'objet de vives controverses au sein du COPOUS (*Committee for Peaceful Use of Outer Space*), le comité international qui, à l'ONU, élabore les différents traités et textes de loi concernant l'utilisation pacifique de l'espace.

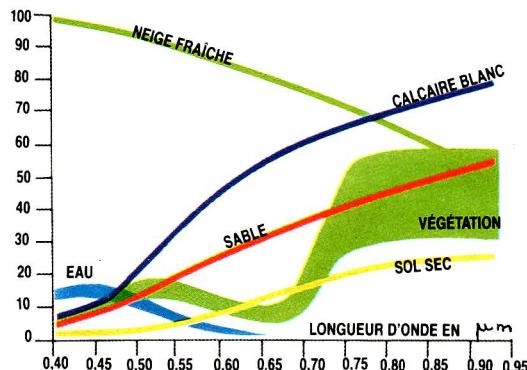
Les Etats-Unis sont très attachés à la libre distribution des données de télédétection. Le département du Commerce, à Washington, s'est opposé à ce que le groupe germano-américain SPARX vende à des clients exclusifs les clichés pris à bord de la navette spatiale avec l'appareil MONS. De même, la loi qui met le système LANDSAT entre des mains privées stipule clairement que la politique de distribution des clichés ne devra pas être modifiée.

Certaines nations en voie de développement craignent cependant que les nouveaux patrons de LANDSAT, visant en priorité la rentabilité, ne rendent leurs prix prohibitifs pour les pays pauvres. Si ce devait être le cas, ceux-ci pourraient très bien se tourner alors vers la France puisque celle-ci a opté très clairement pour une politique de distribution des clichés de son satellite, qui respecte à la lettre l'esprit du traité de 1967 et ne favorise personne ; de plus, les prix affichés par SPOT-Image sont tout à fait comparables aux tarifs actuels de LANDSAT.

nismes qui exploitent ce type de technologie, dont les Américains, avec LANDSAT, détiennent jusqu'ici le monopole. LANDSAT fonctionne à perte. Le marché, encore très jeune, de la télédétection, est largement déficitaire. Et l'Amérique va devoir le partager bientôt avec la France et son satellite SPOT lancé par la fusée *Ariane*. Ces deux rivaux peuvent-ils espérer un succès commercial de leur entreprise, dont la finalité scientifique reste

plantes, par les constructions, par les rivières et les plans d'eau — bref, toutes les masses qui couvrent notre sol —, sur différentes longueurs d'onde de rayonnement, dans les domaines visibles comme dans l'infrarouge. La végétation, par exemple, renvoie très bien les rayons solaires dans la région infrarouge du spectre. La neige fraîche réfléchit beaucoup la lumière dans les longueurs d'onde de 0,50 à 0,59 µm, un peu moins entre 0,61

## À CHACUN SA MANIÈRE DE RÉFLÉCHIR LA LUMIÈRE



Comment, de l'espace, différencier les matières qui couvrent notre sol ? En étudiant leur "signature" spectrale, c'est-à-dire la façon dont ils réfléchissent le rayonnement solaire, à différentes longueurs d'onde. Ainsi la neige réfléchit beaucoup plus la lumière aux courtes longueurs d'onde que dans le proche infrarouge, alors que c'est l'inverse qui se produit pour la végétation et le calcaire.

liée à sa rentabilité économique ?

1972 inaugurerait l'ère de la surveillance spatiale de la Terre, avec le lancement du vaisseau américain ERTS (*Earth Resource Technology Satellite*), plus tard rebaptisé LANDSAT-1 (pour *Land Satellite*). L'engin décrivait une orbite circulaire autour de notre planète à quelque 909 km d'altitude, repassant à la verticale du même lieu tous les 16 jours. Il emportait à son bord un scanner à bande multiple, ou MSS (*Multiple Spectral Scanner*), instrument clé de la télédétection. A chaque passage, le MSS balayait une partie de la superficie terrestre en enregistrant l'intensité des rayons réfléchis par les roches, par les

et 0,68 µm, et moins encore dans le proche infrarouge. L'inverse se produit avec le calcaire (**graphique p. 90**). Chaque objet possède par nature une signature spectrale qui lui est propre, qui l'identifie, qui permet de le reconnaître, en principe du moins, sur les "photographies" prises par le scanner.

Avec le MSS embarqué à bord de LANDSAT-1, on recueillait des données sur une superficie de 185 × 185 km, dans quatre longueurs d'onde, dont trois en lumière visible et la quatrième dans le proche infrarouge. La résolution — distance entre deux détails différenciés sur les clichés — était de 80 m.

LANDSAT-1, resté opérationnel jusqu'en 1975, a été re-



layé ensuite par les numéros 2 et 3 de la série. Une nouvelle génération d'engins les a remplacés en juillet 1982, dont le premier était *LANDSAT-4*: version très évoluée des modèles précédents, puisqu'elle était équipée non seulement du MSS classique mais d'un deuxième scanner multibande beaucoup plus précis, le "cartographe thématique" (*Thematic Mapper*, ou TM, initiales par lesquelles le désignent les spécialistes). L'appa-

reil permettait de photographier, toujours pour les mêmes surfaces de 185 km de côté, dans 7 bandes de longueurs d'onde différentes, 3 dans le visible et 4 dans l'infrarouge, avec une résolution de 30 mètres. Un net progrès par rapport au MSS. En mars 1984, *LANDSAT-5* a pris la relève de son frère jumeau, le quatrième du nom, qui avait cessé de fonctionner.

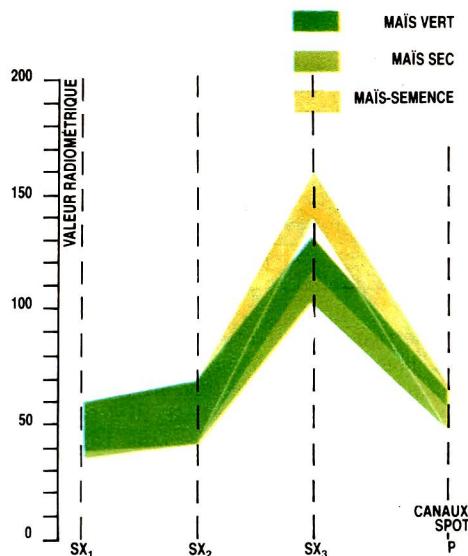
Les informations MSS et MT, numérisées, sont automatiquement retransmises à des stations au sol, où un traitement par ordinateur corrige les distorsions radiométriques et géométriques. On obtient alors, le produit commercialisable, sous forme ou bien de tirages photographiques sur papier, ou bien de bandes magnétiques compatibles avec différents types d'ordinateurs. Dans ce dernier cas, les données peuvent être encore "retravaillées", de façon à mieux mettre en évidence certaines cultures, certaines formations rocheuses, certains aspects de l'environnement qui intéressent plus spécialement tel utilisateur. Autrement dit, pour relever des détails qui répondent spécifiquement aux besoins du client, un organisme d'agronomie ou de géologie, par exemple.

Tandis que se développait le système *LANDSAT*, le gouverne-

ment américain encourageait les divers pays à planter sur leur territoire des stations réceptrices et des centres de traitement d'images. Il en existe aujourd'hui treize dans le monde, dont trois aux Etats-Unis (**cartes p. 102**). En Europe, les informations en provenance de *LANDSAT-5* sont reçues à Kiruna en Suède, à Fucino en Italie, à Maspalomas en Espagne. Chacune de ces installations ne peut capter les images que des zones limitées à 2 200 km de rayon autour de l'antenne. Les informations recueillies hors du champ de réception sont pour une partie — le reste est irrémédiablement perdu — envoyées vers un satellite-relais situé sur l'orbite géostationnaire, qui les dirige ensuite sur une station terrestre aux Etats-Unis. Le premier de ces satellites fut lancé en 1983. Il existe aujourd'hui un seul relais spatial de ce type en fonctionnement, alors qu'il en faudrait au moins trois pour assurer la couverture totale de la planète en télédétection: nous sommes dépourvus de la moindre photo-satellite de certaines parties du monde.

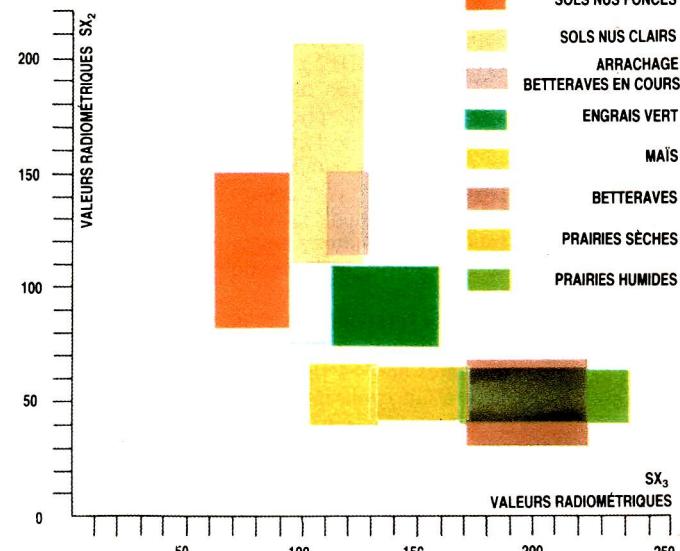
Au fil des ans, la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), qui ex-

## COMMENT SPOT SURVEILLE LES CULTURES



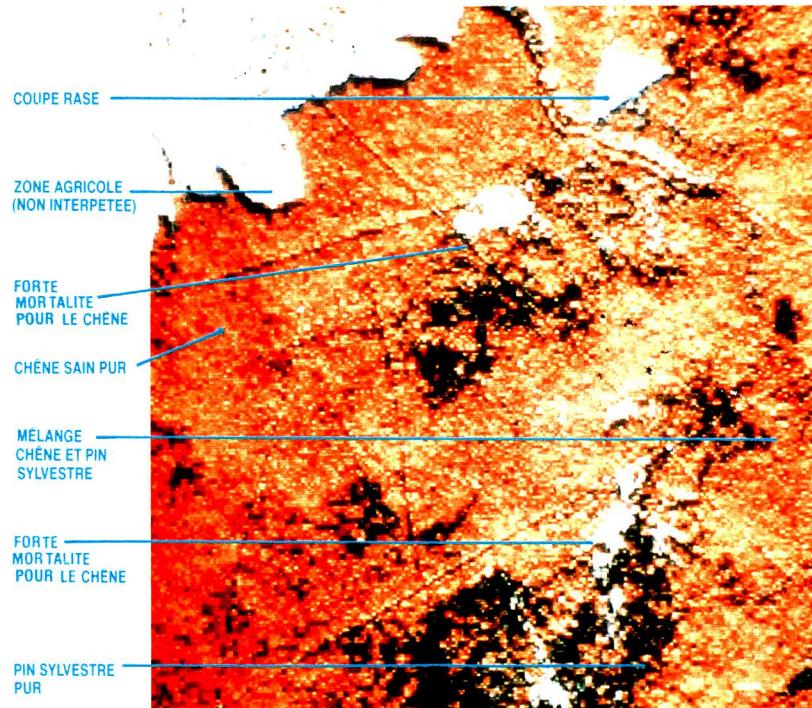
Les radiomètres embarqués à bord de *SPOT* captent la quantité de lumière réfléchie (la "réflectance") par le sol dans 4 "canaux" (tranches) du spectre lumineux. Le premier, baptisé *SX<sub>1</sub>*, va de 0,5 à 0,59 µm ; *SX<sub>2</sub>*, de 0,61 à 0,68 µm ; *SX<sub>3</sub>*, de 0,79 à 0,89 µm. Le quatrième s'étale de 0,51 à 0,73 µm, il est dit panchromatique car il recouvre la majeure partie du spectre visible. A travers ces "fenêtres", le maïs réfléchit le rayonnement solaire différemment en fonction de sa taille. C'est dans le proche infrarouge que sa "signature" spectrale est la plus marquée, c'est donc là que les différences entre maïs semence, maïs vert et maïs sec sont les plus marquées. Il est possible de tracer un diagramme repérant pour les canaux *SX<sub>2</sub>* et *SX<sub>3</sub>* (proche infrarouge), les valeurs des réflectances de chaque céréale. On délimite ainsi des "zones radiométriques" pour chaque type de culture. A l'observation suivante, il suffira de placer, sur ce graphique, les réponses spectrales de la végétation survolée pour pouvoir identifier sans ambiguïté le type de culture d'un champ. Seules les betteraves sont difficilement discernables car leurs réponses spectrales recouvrent celles des prairies humides.

Dessins G. Marié



## LES CHÈNES MORTS DE LA FORÊT DU TRONÇAIS

La forêt du Tronçais, composée de chênes, de charmes, de hêtres, de bouleaux et de pins, s'étend à l'ouest de Moulins sur plus de 10 000 hectares. Une équipe de l'INRA et du GDTA (Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale) a étudié les images simulant les clichés de SPOT de la région. Qu'ont-ils découvert ? D'abord que les routes d'intérêt secondaire, les chemins, les layons, les déboisements et les enclaves non forestières, sont facilement identifiables. Ensuite, que l'œil averti est capable de repérer les zones où les chênes ont péri ; elles apparaissent en clair ; celles où ils sont en bonne santé sont teintées en rouge-orangé et celles où le pin sylvestre domine ressortent en brun foncé. Selon les spécialistes, SPOT permettra de détecter la mortalité des arbres dès qu'un bouquet de 10 sujets au moins sera atteint. Forts de ces informations, les responsables de notre parc forestier pourront se rendre sur place sans plus attendre, étudier les maladies dont souffrent les différentes espèces d'arbres, et intervenir au plus vite. La survie de nos forêts en dépend.



exploite le système LANDSAT pour le compte du Département du Commerce américain, a tressé un vaste réseau de ventes des données-satellite. Pratiquement (à l'exception des pays communistes) tout pays du monde dispose d'un organisme distributeur des clichés LANDSAT. En France, ce rôle revient au Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale (GDTA), à Toulouse. Chacun de ces distributeurs se constitue une photothèque ou une banque de données à partir des images concernant son pays, et, d'autre part, assure sur son marché national la vente de toutes les photos-satellite prises des autres endroits du monde.

Les tarifs pratiqués par la NOAA ont beaucoup augmenté ces dernières années. Une inflation tout à fait explicable : dans les premières années d'exploitation du système LANDSAT, les Etats-Unis subventionnaient largement ces données-satellite, photographies ou bandes magnétiques ; leur diffusion était

considérée comme un service public rendu au reste de l'humanité par l'Amérique, qui les mettait à la disposition des autres pays contre une redevance modique (**encadré p. 90**). Mais l'entreprise était coûteuse ; la clientèle étrangère, gouvernementale et privée, devenait de plus en plus nombreuse. Bref, le produit étant cher et la demande élevée, l'administration américaine a dû choisir entre la générosité et la rentabilité. Elle a sacrifié la première sans atteindre à la seconde, mais les tarifs ont monté, reflétant plus justement le prix de revient de ces informations envoyées de l'espace.

Ainsi, en 1980, un pays qui désirait s'équiper d'une station réceptrice pour capter sur son sol les signaux de LANDSAT payait un abonnement annuel de 200 000 dollars. Début 1983, la note s'élevait à 600 000 dollars. Certes, une station de réception peut revendre à d'autres pays les informations qu'elle reçoit du satellite, mais elle est tenue de verser des royalties à la NOAA.

Les prix de vente, à l'instar des abonnements, ont accusé une nette tendance à la hausse. En octobre 1981, on se procurait pour 650 dollars une bande magnétique contenant les informations MSS relatives à une "scène" — un des carrés de 185 km de côté qui constitue le champ optique du scanner, avec une résolution de 80 m et quatre bandes spectrales. En février 1985, un enregistrement magnétique TM, couvrant la même superficie avec une résolution de 30 m dans sept bandes spectrales, valait jusqu'à 4 400 dollars.

Malgré ces hausses, LANDSAT est dans le rouge. Au cours de la période fiscale d'octobre 1982 à octobre 1983, la NOAA a vendu pour 14 millions de dollars de clichés, alors que les coûts d'exploitation du système ont atteint 21 millions de dollars. L'an dernier, les frais sont passés à 30 millions de dollars tandis que les recettes restaient virtuellement inchangées.

Depuis quelques années, LANDSAT opère plus ou moins comme une entreprise commer-



ciale, le gouvernement américain ayant jugé que cette affaire — la phase de démarrage passée — devait revenir au secteur privé. Parmi les candidats qui se sont exprimés pour prendre le système à leur compte, l'administration américaine a finalement, en 1985, retenu la firme EOSAT, filiale de RCA et de Hughes Aircraft. C'est elle qui, dès la fin de cette année, assumerà la responsabilité entière de l'exploitation, non sans une aide de l'Etat de 250 millions de dollars répartie sur cinq ans. Le nouveau propriétaire s'engage à financer le lancement des deux prochains engins *LANDSAT*, les numéros 6 et 7, qui doivent être placés sur orbite respectivement en décembre 1988 et dans le courant de 1991. Parviendra-t-il à rentabiliser l'opération et à rendre les images de la Terre enfin payantes ? La gageure est de taille, d'autant plus que le système américain va côtoyer sous peu dans l'espace un sé-

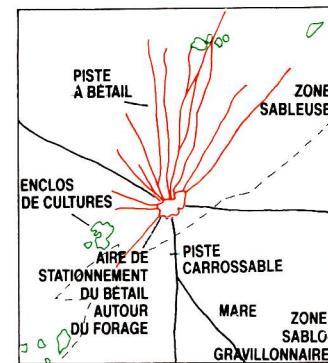
rieux concurrent nommé *SPOT*. *SPOT* est français. Son sigle signifie "Satellite pour l'observation de la Terre". Le dénouement d'une longue histoire. En 1977, notre Centre national d'études spatiales (le CNES) propose à ses partenaires européens la réalisation commune d'un satellite de surveillance du sol. L'initiative est reçue froidement par les autres membres de l'Agence spatiale européenne. La France choisit de se lancer seule dans l'aventure ; la Suède et la Belgique consentiront par la suite une participation à concurrence de 4 %.

Notre pays a-t-il enfanté là un autre de ces projets grandioses et objets de prestige, conçus dans sa fierté solitaire, trop ambitieux pour ses moyens, boudés par l'étranger, et dont son économie, sans parler du contribuable, finit par faire les frais ? Souvenons-nous de la filière atomique nationale graphite-gaz, du sous-marin nucléaire à l'uranium

naturel, du paquebot *France*, de la télévision à 819 lignes et du procédé SECAM dont pratiquement personne ne veut en dehors de l'hexagone, du Plan calcul avec son super-ordinateur *made in France* qui devait "enfoncer" le géant IBM, et jusqu'au supersonique *Concorde*, qui fut un gouffre financier. Mais peut-être sommes-nous ici, au contraire, dans le droit chemin d'une technologie qui ira au-delà d'une réelle demande. Peut-être avons-nous, pour une fois, fait un pari économique que le futur tiendra.

*SPOT* pèse 1 750 kg. Il décrit autour de la Terre une orbite circulaire à 832 km d'altitude ; il survole exactement le même lieu, à la même heure, tous les 26 jours. Il emporte à son bord deux scanners HVR (haute résolution visible) identiques, qui peuvent être pointés vers le sol indépendamment (**voir dessin p 100**). Les observations sont réalisées dans trois longueurs d'onde (le

## L'ABREUVOIR CRÉE LE DÉSERT

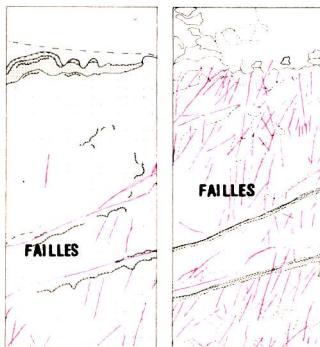


Des simulations des images de notre satellite dans la région de Ferlo au nord-est du Sénégal. On y repère une zone sableuse avec de petites taches alignées rouge-brun, qui correspondent à une végétation enchaînée au fond des cuvettes séparant les dunes. En mesurant la surface de ces taches, on peut évaluer l'importance de la production de fourrage. Au sud, dans la région sablo-gravillonnaire, l'aspect est plus lisse, des points serrés bruns ou clairs alternent régulièrement ; ils correspondent à une végétation d'arbustes isolés sur un sol nu (sans espèces fourragères). A la limite des deux régions, une grosse tache sombre : le puits. Des chemins de bétails partent en étoile vers la région sableuse où se trouve la végétation dont se nourrissent les animaux. Une surveillance régulière de cette zone permettrait d'éviter qu'une surexploitation de ce pâturage contribue à la désertification.

vert entre 0,50 et 0,59  $\mu\text{m}$ , le rouge entre 0,61 et 0,68  $\mu\text{m}$ , le proche infrarouge entre 0,79 et 0,89  $\mu\text{m}$ ). Les images ont une résolution de 20 m et cette distance est même réduite à 10 m dans la bande panchromatique comprise entre 0,51 et 0,73  $\mu\text{m}$  — soit 20 m de mieux que celles de *LANDSAT*.

*SPOT* a un champ visuel de la Terre de  $60 \times 60$  km, contre  $185 \times 185$  km pour son rival américain. Mais grâce à des miroirs rotatifs, ses scanners peuvent enregistrer les images situées à plus ou moins  $27^\circ$  d'angle de la verticale de l'appareil, ce qui correspond à un couloir de 950 km.

## DES FAILLES PROFONDES QU'ON N'AVAIT JAMAIS VUES



La zone des plateaux de Bandiagara, au Mali, fait depuis quelques années l'objet d'études géologiques. On a choisi d'y réaliser des clichés de simulation *SPOT* pour voir dans quelle mesure la télédétection pouvait apporter des informations supplémentaires.

La carte de gauche (ci-dessus) est extraite de la carte géologique au 1/200 000<sup>e</sup>, la carte de droite a été réalisée à partir des données glanées sur la "photo" simulée (à droite). Comme on peut le constater, cette dernière est beaucoup plus riche en informations. De nombreuses fractures ont pu être repérées. Leur importance est primordiale pour l'hydrogéologie et l'étude de la minéralisation de la région. De nouvelles strates ont pu être mises en évidence. Dans les grandes fractures, la teinte rouge caractérise la présence de végétation importante sur un sol de roche basique (contenant peu de silice). En haut du cliché à gauche, les couleurs rouge et bleue correspondent à la vallée argilo-sableuse, alors qu'à droite les teintes jaunâtres ponctuées de rouge sont dues à un mélange de sable et de grès ferrugineux qui proviennent de l'érosion de la falaise.



Cette possibilité de visée latérale est un atout majeur du système français ; elle permet d'observer une même zone à des intervalles variant entre 2,3 à 3,2 jours, alors que la période réelle du satellite est de 26 jours (*Science & Vie* n° 777, p. 182). *LANDSAT*, de son côté, survole une même région tous les 16 jours, mais il est incapable de modifier ses angles de vue. Or, 16 jours constituent un laps de temps à peine suffisant — pour étudier l'évolution des récoltes, et beaucoup trop long pour suivre les mouvements d'une catastrophe naturelle, la progression des inondations par exemple. Que la couverture nua-

geuse soit assez dense pour empêcher *LANDSAT*, à l'heure de son passage, de capter les images d'une "scène" donnée, l'occasion est alors perdue et il faudra attendre le prochain tour, à plus de deux semaines de là. *SPOT*, au contraire, en faisant pivoter un de ses deux instruments, peut répéter l'enregistrement 72 heures seulement après l'opération manquée.

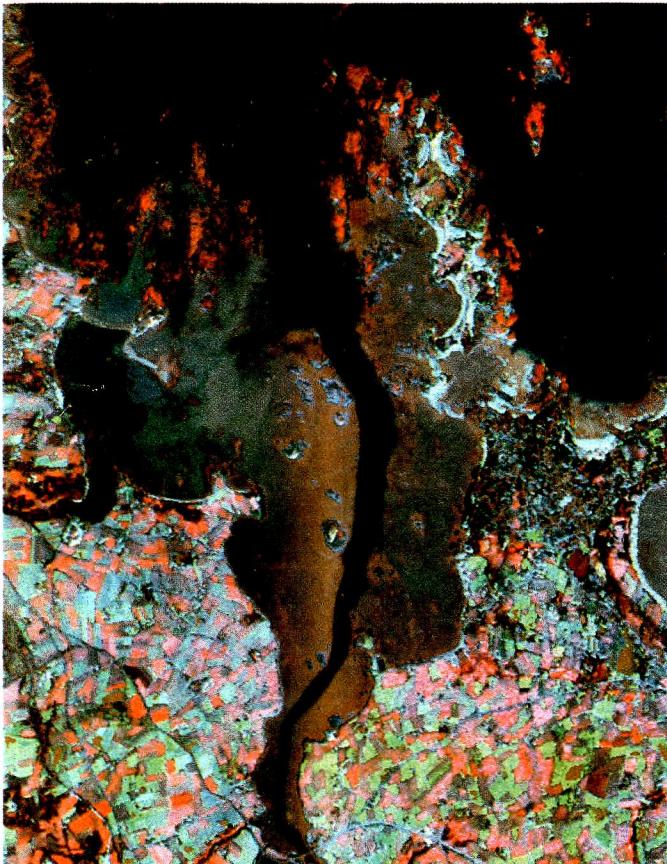
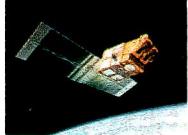
Cette faculté de visée latérale permet, de surcroît, d'obtenir des images en relief ; leur qualité stéréoscopique est très utile en cartographie, pour l'établissement des courbes de niveau.

La précision des enregistrements *SPOT* s'avérera sans doute meilleure que celle des enregistrements *LANDSAT* : le dispositif qui capte l'intensité des rayonnements émis par les différents objets de la Terre est intégralement électronique, alors que l'appareil embarqué à bord de *LANDSAT* fonctionne mécaniquement, ce qui peut entacher ses chances de précision et de fiabilité.

Un des avantages majeurs de *SPOT* sur *LANDSAT* est sa capacité de conservation des données, grâce à ses enregistreurs magnétiques qui gardent en mémoire les informations prélevées dans une zone hors de portée de communication immédiate avec une station réceptrice au sol. La capacité d'enregistrement est de 23 minutes, correspondant à 153 "scènes", puisque chaque prise de cliché demande 9 secondes. Les données temporairement stockées sont transmises à la Terre dès que le satellite se trouve dans un rayon de 2 600 km d'une installation équipée pour les recevoir.

*SPOT* est donc capable de surveiller en permanence l'ensemble de la planète ; aucune partie n'échappe à son regard. L'engin américain, cependant, peut se prévaloir de deux avantages. Premièrement, ses clichés couvrent une superficie 9,5 fois plus étendue que le champ visuel de *SPOT* :  $185 \times 185$  km au lieu de  $60 \times 60$  km. Et il récolte ses informations dans

## DES ROCHERS COUVERTS D'ALGUES



On connaît mal la zone du littoral recouverte par les eaux à marée haute (la zone intertidale). Pourtant son intérêt économique (aquaculture, production d'alginate, pêche artisanale, tourisme...) est très important. Les chercheurs de l'IFREMER ont voulu savoir ce qu'ils pourraient tirer des futurs clichés SPOT. Ils ont donc étudié les images de simulation de l'estuaire de la Penzé à l'ouest de Carentec, en Bretagne. L'estran plein de vase et de sable est visible en brun. Les algues réfléchissant fortement le rayonnement solaire dans le proche infrarouge (couleur rouge sur la photo), on arrive à identifier des rochers couverts d'algues aussi petits que les Platines ou le Cerf. Les parties rocheuses de la côte apparaissent aussi en rouge puisqu'elles sont enfouies sous les algues.



sept bandes spectrales, dont quatre dans l'infrarouge et le proche infrarouge, là où notre SPOT ne dispose d'une capacité d'observation que dans quatre bandes du spectre (**graphique p. 91**), dont une seule se situe dans l'infrarouge. Or, c'est précisément à l'intérieur de cette plage qu'il est possible de saisir le mieux la vie des cultures sur notre sol, car leur signature spectrale y est la plus nette.

Il a toujours été entendu, dès la mise en œuvre du projet, que SPOT serait un satellite à vocation commerciale, qui vendrait ses produits et en tirerait du profit. A cet effet, dès juillet 1982, les autorités françaises mettaient en place une structure financière, la société SPOT-Image, dont les actionnaires sont le Centre national des études spatiales, (39 %), l'Institut géographique national (10 %),

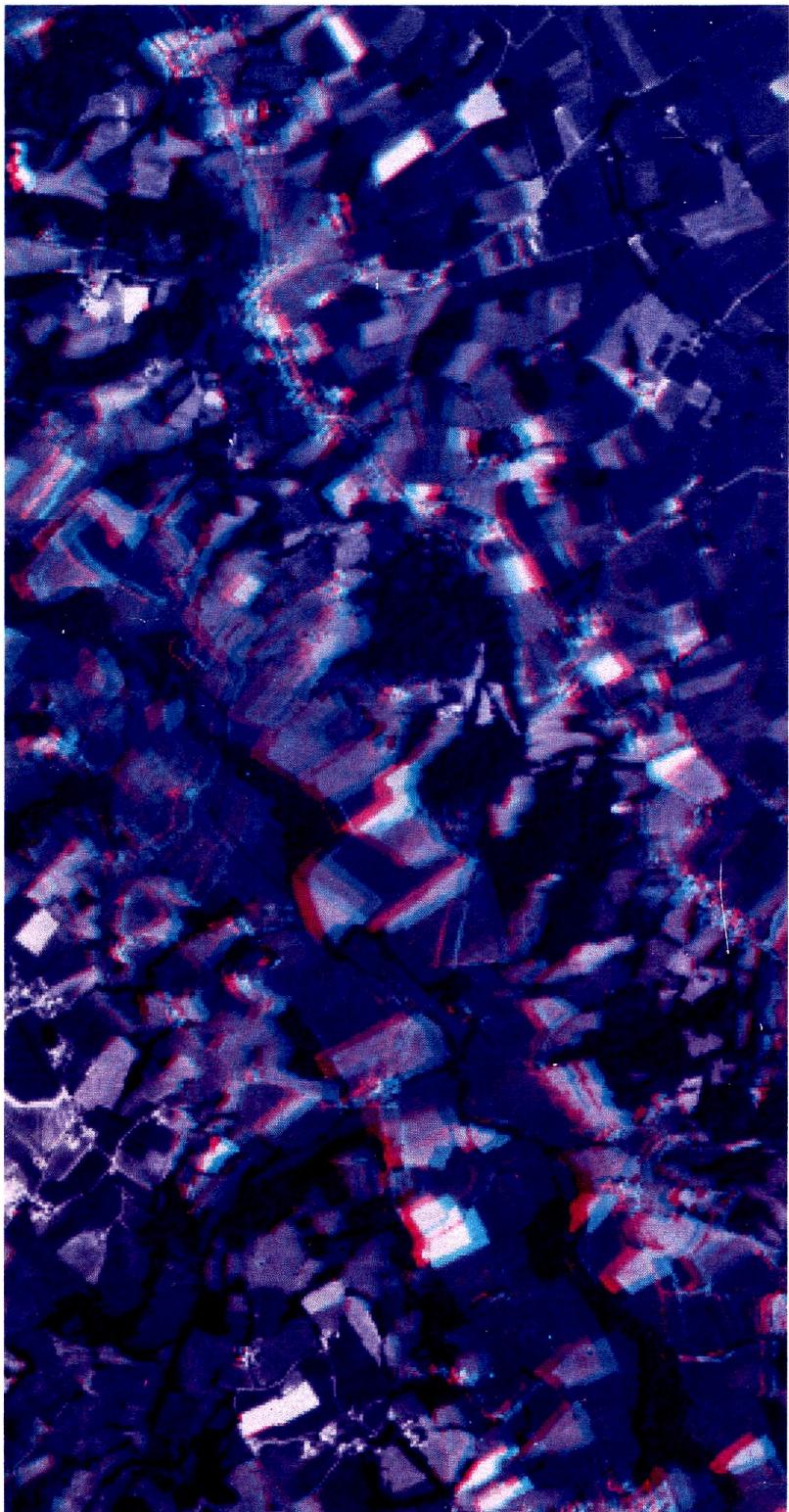
Matra (8,8 %), la Société européenne de propulsion (8,8 %), le Bureau de recherches géologiques et minières (7,4 %), l'Institut français du pétrole (7,4 %), la Swedish Space Corp. (6,6 %), l'Etat et diverses sociétés belges (4 %). Le reste du capital est détenu par des banques et de petites entreprises : un aréopage technico-bancaire dont la mission est d'organiser un réseau de distribution des clichés transmis par SPOT, et de promouvoir leur utilisation dans le monde entier. Une filiale, SPOT-Image Corp., a été créée à Washington en 1983 : le cheval de Troie au pays de la concurrence. L'infrastructure commerciale compte aujourd'hui un distributeur agréé dans 33 pays et une station de réception dans 6 pays (voir cartes).

Vous êtes acheteur ? Alors voici les prix. Si vous désirez recevoir directement les infor-

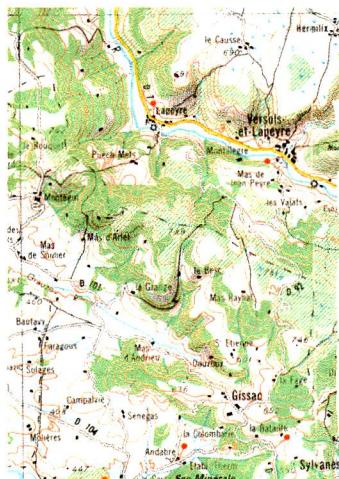
mations diffusées par SPOT, vous acquitterez à la firme française une redevance annuelle de 400 000 dollars, forfait qui vous autorisera à capter 4 000 "scènes". Au-delà, le tarif est dégressif. Vous pouvez également acheter les documents à la pièce : les bandes magnétiques contenant les informations d'une zone de  $60 \times 60$  km coûteront entre 9 800 et 16 600 francs, les photos entre 3 000 et 11 500 francs chacune ; les prix sont fonction des traitements subis par les images.

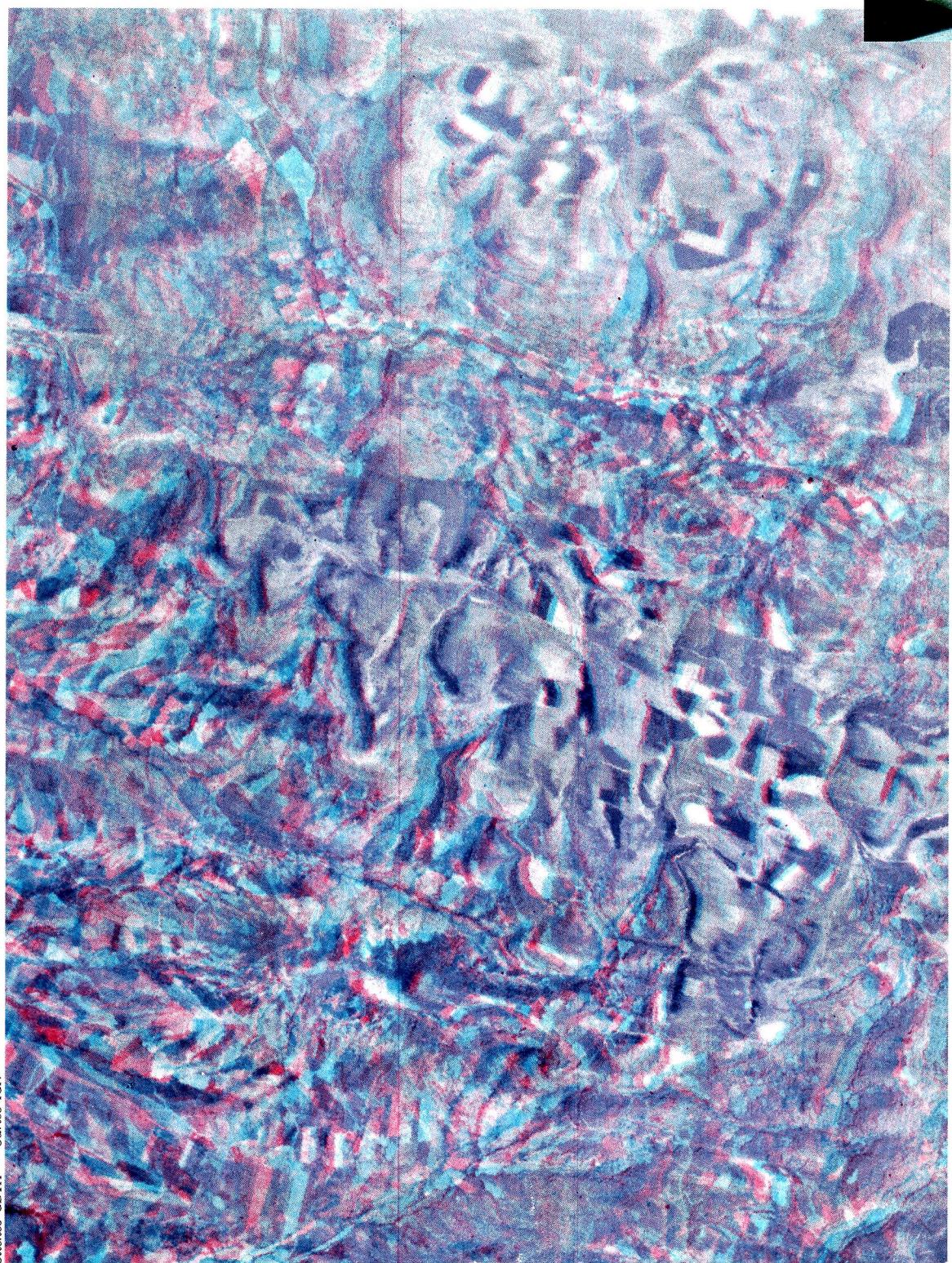
En effet, il est possible d'acquérir des données pratiquement brutes où seules des corrections géométriques et radio-métriques auront été effectuées ; mais il est également possible d'acheter des clichés « corrigés » faisant ressortir certains thèmes (végétation, cultures, roches, voies de communications, etc.).

(suite du texte page 98)



Sur le plateau, en haut à droite de l'image (page de gauche), serpente le ruisseau Le Lous. En descendant vers le rebord du plateau, on aperçoit les bourgs de Meracq au nord et de Lème au sud (milieu droit de l'image). Sur les pentes du plateau, les bois apparaissent en sombre. Tout au fond de la vallée coule la rivière Le Luy de France en direction du nord-ouest. De l'autre côté du plateau, plus découpé, on peut voir tout à fait au sud (au centre de l'image), le village d'Auga. Cette région qui couvre une superficie de  $3 \text{ km} \times 6 \text{ km}$  se trouve à 20 km au nord de Pau et à 30 km à l'ouest d'Orthez. Le paysage sur la plage de droite se situe à environ 10 km au sud-ouest de Roquefort. En haut, à droite, on repère parfaitement un plateau et son hameau, Le Causse. Son versant abrupt domine la rivière La Sorgue. De l'autre côté (au centre), un autre causse en voie d'érosion. Ses flancs sont parcourus par le Grauzou qui court du sud-est au nord-est et entaillés au sud par de petits ruisseaux qui s'écoulent vers le sud-ouest. Toute la région proche de Camarès est riche en sources minérales et en thermes. L'IGN a créé une image qui vous apparaîtra comme incrustée dans le numéro de *Science & Vie*. Tout se passe comme si le "niveau" de la page se trouvait à 700 mètres d'altitude par opposition à l'image de gauche qui, elle, semble sortir de la page.







(suite de la page 95)

Quels profits le client peut-il tirer de cette prestation, somme toute assez coûteuse ? L'importance de la télédétection est, en fait, énorme dans bien des domaines.

**A commencer par la géologie.** L'analyse des clichés conduit à une meilleure compré-

hension des processus tectoniques, de la composition minéralogique de certaines formations rocheuses, de leur degré de fracturation. Indices précieux pour les prospecteurs de tout poil, pétroliers et autres chasseurs de gisements. Bien que ces derniers restent en général très

Ce cliché "simulé" (page de gauche) des images SPOT représente les environs de Lacq, à 15 km au sud-est d'Orthez. Au centre de l'image, le complexe industriel et l'usine de gaz de Lacq Jean-Louis Courtadon de l'IGN a sélectionné cette zone de 13 x 8 km pour tester les capacités de "SPOT-cartographe". Comment, à partir des images-satellite d'un coin quelconque du globe, peut-on tracer très rapidement une carte des lieux ? Premier impératif : corriger les images pour obtenir des clichés à une échelle précise (ici au

## L'IGN, OU LA MÉMOIRE GÉOGRAPHIQUE DE LA FRANCE

Au fil des années, le paysage français change d'allure, des routes se construisent, des villes s'étendent, des forêts disparaissent, des villages meurent, des rivières changent de cours. Pour suivre en permanence ces modifications, on a créé en 1940, l'Institut géographique national (IGN) transformé en établissement public en 1967.

A lui de tenir à jour les 2 000 cartes de base (au 1 : 25 000<sup>e</sup>) de la France sur lesquelles on peut distinguer le plus petit chemin ou la moindre maison. Ces cartes réalisées à partir de photographies aériennes sont révisées en moyenne tous les six ans. Les cartes au 1 : 100 000<sup>e</sup> et au 1 : 250 000<sup>e</sup> sont, quant à elles, mises à jour tous les deux ou trois ans. Le satellite SPOT va permettre une révision plus fréquente et de meilleure qualité de l'ensemble.

Parallèlement, l'IGN établit pour le monde agricole, pour les économistes, pour les responsables de l'équipement, de l'urbanisme, de l'environnement des cartes thématiques d'occupation des sols, de densité de

population, d'inventaire du littoral, etc.

Tout le savoir et le savoir-faire que l'IGN a accumulés depuis des années sont conservés dans les mémoires d'ordinateurs sous forme de banques de données, mais aussi dans une photothèque et une cartothèque qui constituent en quelques sorte la mémoire géographique de notre pays.

Aujourd'hui, l'Institut géographique national compte 2 500 personnes dont 300 ingénieurs, un parc de 9 avions pour les photographies aériennes, une Ecole nationale des sciences géographiques, un organisme de recherches et une imprimerie...

Depuis son origine l'Institut a installé des agences dans différents pays du monde (Venezuela, Arabie saoudite, Libye, Gabon, Centre-Afrique, Mali) et travaille pour une vingtaine d'autres pays. S'il fallait établir un palmarès des instituts géographiques mondiaux, l'IGN figurerait sans doute dans le peloton de tête au côté des instituts américains et japonais.

discrets sur leurs découvertes, on sait que l'examen minutieux des informations fournies par satellite LANDSAT a permis de reconnaître des gisements de tungstène en Chine, de plomb et de zinc aux Etats-Unis, de porphyre et de cuivre en Alaska et au Pakistan, d'étain au Brésil.

**L'agriculture** est un autre grand bénéficiaire de ces techniques spatiales. Les diverses cultures céréalières se signalent sur les clichés par des couleurs différentes, qui traduisent leurs caractéristiques de rayonnement électromagnétique (**graphique p. 91**). Si certaines sont attaquées par des parasites, si d'autres manquent d'eau, leurs réponses spectrales seront modifiées. La télédétection est donc un bon moyen de suivre, de semaine en semaine, région par région, l'évolution et l'état de santé de notre patrimoine agricole.

Les images-satellites donnent

## HEURE SEULEMENT



1 : 100 000") et de bons contrastes (correction radiométrique) afin de différencier les détails à cartographier. Ensuite, sur l'image corrigée, il est possible de repérer routes, villages, rivières... Ainsi, sur l'esquisse (page de droite) 8 types "d'objets" ont pu être rapidement identifiés : les voies ferrées, les routes, les autoroutes, les chemins, les agglomérations, les sites industriels, les cours d'eau et les bois. On a utilisé une image noire et blanc (canal panchromatique) car sa résolution (10 m) est supérieure à celle des clichés couleur (20 m).

également une excellente idée de l'étendue des surfaces cultivées, ce qui permet de prévoir l'importance des récoltes. C'est grâce à *LANDSAT* que les Américains ont pu prédire, il y a quelques années, la pénurie de blé qui allait frapper l'Union soviétique, et ajuster leur politique extérieure en conséquence. En exploitant ce genre de données, une société américaine, Earth Satellite Corporation, est en mesure de prévoir quatre mois avant les moissons, avec une exactitude de plus ou moins 3 %, quel sera le volume de douze récoltes dans douze pays différents.

**En sylviculture**, les données satellite interviennent de façon analogue, elles permettent de surveiller l'évolution des forêts et la santé des arbres, de recenser les terrains à reboiser, d'inventorier les essences. Elles servent actuellement à évaluer l'étendue de la mystérieuse maladie qui ravage les forêts euro-

pénnes (voir *Science & Vie* n° 817, p. 58).

**En hydrologie**, la télédétection est une source abondante d'informations sur les réserves en eau des régions, l'importance des surfaces enneigées et des glaciers, l'humidité du sol. La moindre masse aquatique sur

notre Terre est clairement révélée par les clichés *LANDSAT*, lesquels ont été très utiles pour observer les débordements du Mississippi en 1973, contribuant largement à la lutte contre ces inondations. En hiver 1980, se basant sur la couverture neigeuse en Californie, les spéci-

## LES SATELLITES MÉTÉO NE SONT PAS À VENDRE

Durant vingt et un ans, de 1960 à 1981, tous les satellites météo en orbite appartenaient aux Etats-Unis et étaient financés par leur gouvernement. Depuis, l'Agence spatiale européenne, l'Inde et le Japon ont à leur tour lancé des satellites d'observation météorologique, dont les coûts d'exploitation sont assumés par les différentes nations commanditaires. Ainsi s'est constitué dans l'espace un réseau international comprenant cinq satellites placés en orbite géostationnaire et trois engins en orbite polaire qui, entre autres opérations, surveillent en permanence les déplacements des nuages, guettent la naissance des cyclones, mesurent les températures, l'humidité atmosphérique, la pression, etc.

Tout pays qui le désire est autorisé à capter gratuitement les informations glanées par ces satellites. Il existe aujourd'hui plus d'un millier de stations réceptrices, implantées dans 125 pays.

En mars 1983, lorsque l'administration Reagan annonça son intention de "dénationaliser" l'ensemble

de ses activités de télédétection pour les confier au secteur privé, les satellites météo faisaient partie du lot. Dès lors, c'en était fini de l'information gratuite ; les entreprises privées américaines, c'était normal, allaient faire payer leurs prestations spatiales. Beau tollé au Congrès des Etats-Unis. Ce pays est membre de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), institution spécialisée des Nations unies, et est habilité à recevoir gratuitement les données météo en provenance de satellites étrangers. S'ils décidaient de facturer leurs propres informations aux autres pays, ceux-ci useraient de rétorsion en faisant payer les leurs aux Etats-Unis.

La Chambre des représentants et le Sénat conclurent que la météorologie est une science au service de tous et qu'elle ne gagnerait rien à être assujettie aux lois du marché. Devant cette opposition, le président des Etats-Unis signa la loi du 28 novembre 1983, qui interdit le transfert de satellites météorologiques à des intérêts privés.

## LANDSAT ET SPOT NE VOIENT PAS LA MÊME CHOSE...

SATELLITE UTILISÉ	INSTRUMENT DE TÉLÉDÉTECTION	LONGUEUR D'ONDE	CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT	
LANDSAT 1 à 5 LANCÉS DE 1972 À 1984	• LANDSAT 1 à 5 : SCANNER MULTISPECTRAL (RADIOMÈTRE À BALAYAGE, 4 CANAUX)	0,5 0,6 0,5 1,1	• TRACE AU SOL : 185 km • RÉSOLUTION : 80 m • RÉPÉTITIVITÉ : 18 JOURS (SAUF 4 ET 5)	
	• LANDSAT 4 ET 5 : CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE (RADIOMÈTRE À BALAYAGE, 7 CANAUX)	0,45 0,52 0,60 0,63 0,69 0,76 0,90	1,55 1,75 2,09 2,38 12,5 10,4	• TRACE AU SOL : 185 km • RÉSOLUTION : 30 m (120 m SUR LE CANAL 6) • RÉPÉTITIVITÉ : 16 JOURS
SPOT LANCÉ EN 1985	• HRV (RADIOMÈTRE À HAUTE RÉSOLUTION DANS LE VISIBLE, 3 CANAUX 1)	0,51 0,58 0,59 0,63 0,69 0,73 0,76	MODE MULTIBANDE MODE PACHROMATIQUE	• TRACE AU SOL : 117 km (MODE BI-HRV) ET 60 km (MODE PANCHRO) • RÉSOLUTIONS : 10 ET 20 km • RÉPÉTITIVITÉ : 26 JOURS

A bord du satellite américain LANDSAT se trouvent deux radiomètres qui captent l'intensité de la lumière réfléchie par le sol dans des bandes de longueurs d'onde différentes. L'instrument le moins précis, le MSS ou scanner multispectral, enregistre l'intensité du rayonnement solaire dans 4 canaux contigus entre 0,5 et 1,1  $\mu$ m. Le second instrument, le cartographe thématique ou TM, qui fut installé sur les LANDSAT 4 et 5, enregistre le rayonnement solaire réfléchi dans 7 bandes de longueurs d'onde dont 3 sont situées dans l'infrarouge, là où les "signatures" de la végétation sont les plus nettes. Les radiomètres de SPOT (HRV ou haute résolution visible) reçoivent la lumière réfléchie à travers 3 "fenêtres", dont les longueurs d'onde se situent dans le spectre visible et le proche infrarouge, et à travers un 4<sup>e</sup> canal (panchromatique) très large, qui recouvre une bonne partie du spectre visible.

listes ont pu calculer très précisément ce qu'allait être le débit des fleuves de la région après la fonte.

**La cartographie**, bien évidemment, n'est pas la dernière discipline à profiter du travail de ces satellites, qui survolent les parties difficilement accessibles de la planète et pour lesquelles nos cartes sont encore bien incertaines, sinon inexistantes. LANDSAT permet leur mise à jour au 1/100 000<sup>e</sup>. Avec SPOT, on pourra les réviser à une échelle égale à 1/50 000<sup>e</sup>. Les possibilités stéréoscopiques du satellite français pourront éventuellement donner lieu à des cartes en relief avec des courbes de niveau d'une grande exactitude. Notre Institut géographique national travaille depuis 1978 sur les différentes applications cartographiques de SPOT.

**De nombreux autres domaines** peuvent avoir intérêt à recourir à ces images en provenance de l'espace. Citons, entre autres : l'étude de l'érosion des sols ; les modifications du littoral ; la pollution des côtes ; le développement de l'urbanisation etc.

Au-delà des utilisations actuelles, les applications potentielles ne manquent pas. D'où vient, alors, que LANDSAT n'aît pas rencontré suffisamment de clients pour équilibrer son budget ? De plusieurs raisons, et d'abord de la difficulté de déchiffrer et d'interpréter ses données numériques sans des connaissances extrêmement poussées en analyse spectrométrique. Les chercheurs ont passé des années, sur le terrain et au laboratoire, à apprendre à lire les signatures spectrales des diffé-

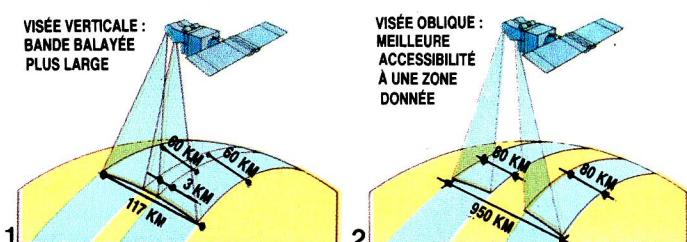
rents objets, minéraux ou végétaux, qui forment la surface terrestre, et à savoir à quels objets les attribuer très exactement. Et dans ce domaine, les recherches ne sont pas terminées.

Le traitement informatique des images, les nombreuses manipulations par l'ordinateur qu'exigent, entre autres, le changement d'échelle, la coloration en fausses couleurs, la mise en évidence des contours, l'extraction de certaines informations à l'intention d'une catégorie spécialisée de clients sont d'une complexité diabolique, hors de la portée de la plupart des centres de calcul. Ce sont parfois de véritables exercices de prestidigitation informatique, comme lorsqu'il s'agit de modifier les informations, ou d'en faire disparaître certaines pour en faire ap-

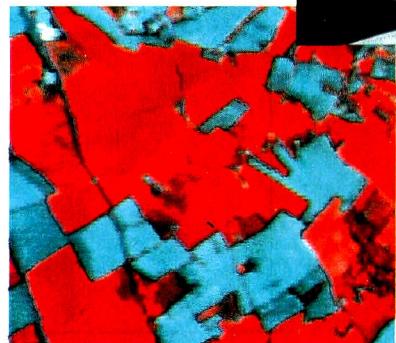
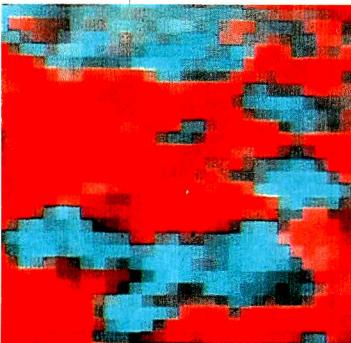
### AUTRE AVANTAGE DE SPOT : LE REGARD EN COIN

L'un des avantages de SPOT sur LANDSAT est sa capacité de visée oblique. Les deux instruments de "prise de vue" du satellite français étant orientables, ils peuvent non seulement prendre des clichés à la

verticale du lieu de leur passage sur deux bandes de 60 km de large (1), mais également couvrir une vaste zone de 950 km de large et saisir dans ce couloir n'importe quelle bande de 60 à 80 km de large (2).



## ... LES PHOTOS DE SPOT SONT PLUS NETTES



paraître d'autres. Un exemple : pour suivre l'évolution de l'occupation des sols en région montagneuse, il faut corriger les données concernant les reliefs, afin de gommer les zones d'ombre et mettre en lumière celles qui intéressent la végétation. Peu de spécialistes, aujourd'hui encore, savent programmer pareils tours de passe-passe.

Il faut bien admettre aussi que certains secteurs, tels la cartographie et l'agriculture, sont assez lents à intégrer ces nouveaux outils, hormis aux Etats-Unis et en France. Les fonctionnaires de la NOAA, l'administration responsable de la commercialisation pour LANDSAT, n'ont pas, non plus, eu le "punch" nécessaire pour animer un véritable service de ventes et gérer un réseau international de distribution, dans un marché qui était entièrement à créer.

**SPOT-Image, le consortium français, fera-t-il mieux que les Américains ?** Notre satel-

lite est techniquement supérieur (meilleure résolution, plus grande fiabilité, scanners HVR orientables, possibilité stéréoscopique, mémorisation des données), bien qu'il travaille seulement dans quatre bandes spectrales, contre sept pour LANDSAT. SPOT-Image s'est déjà engagé dans une vaste campagne de marketing et de promotion, avec clichés de simulation à l'appui, auprès de tous les utilisateurs potentiels. Mais LANDSAT est lui aussi passé entre les mains d'un groupe privé dont le dynamisme, si l'on en juge par celui de ses deux sociétés mères, pourraient considérablement gêner la firme française sur ce difficile marché de la télédétection spatiale.

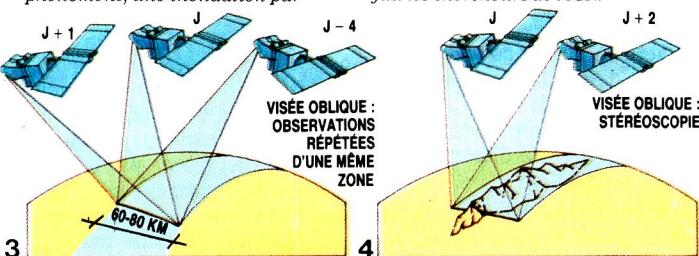
SPOT pourra néanmoins "rafler" quelques clients aux Américains lorsque LANDSAT-5, lancé en 1984, aura épousé sa durée de vie de trois ans ; le satellite U.S. devrait s'éteindre en mars 1987. Or son successeur,

Belbraud, petit bourg à 15 km au sud-est de Toulouse, au cœur du Lauragais, a été "photographié" par les deux radiomètres embarqués à bord de LANDSAT. Un troisième cliché du même village simulant les caractéristiques des images SPOT a été réalisé par les chercheurs du ministère de l'Agriculture. Sur la photo de gauche, prise à travers le MSS de LANDSAT dont la résolution n'est que de 80 mètres, on ne peut distinguer que deux zones : l'une, en rouge, correspond grossièrement à des champs où la végétation est active ; l'autre, en bleu, à des terres nues. Le second instrument de LANDSAT, le TM, dont la résolution est de 30 m, permet de préciser les limites des champs (photo du centre). Un œil averti arrive à distinguer 28 parcelles rouges et bleues ; les routes apparaissent, des enclaves bleues (sol nu) ressortent dans des zones rouges (végétation). En revanche, sur la "simulation" SPOT (photo de droite), de résolution 20 m, les contours s'affirment, la netteté s'accroît ; on peut dénombrer 48 parcelles, la végétation et le sol nu deviennent faciles à différencier.

LANDSAT-6, de conception légèrement différente, ne sera prêt qu'à la fin de 1988. Subsistera donc un "trou" de 22 mois durant lesquels les Américains cesseront d'émettre à partir de l'espace. Tous les usagers, tels les agriculteurs, qui ont un besoin d'informations périodiques et régulières, ceux qui auront embauché des équipes spécialisées dans le traitement et la lecture de documents de télédétection, ceux qui auront investi dans cette nouvelle industrie des images-satellite, se tourneront forcément vers le système français, lequel aura l'avantage de ne pas présenter de discontinuité. Dès 1981, en effet, notre gouvernement a donné le feu vert à SPOT-2, qui sera en orbite début 1988. La poursuite du programme est assurée, avec l'autorisation de la mise en chantier des satellites SPOT-3 et 4, dont

Grâce à cette possibilité d'orientation des instruments, SPOT peut donc "photographier" le même lieu à quelques jours d'intervalle (3) et suivre ainsi de très près l'évolution d'un phénomène, une inondation par

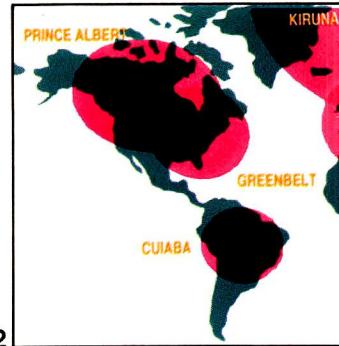
exemple, ce dont LANDSAT est incapable. Enfin, en associant deux vues d'un même paysage prises sous des angles différents (4), il est possible de reconstituer le relief, et c'est ce qu'ont fait les chercheurs de l'IGN.



## QUI REÇOIT LES IMAGES DE LA TERRE, À TRAVERS QUELS CIRCUITS, ET QUI VEND



1



2

on prévoit le lancement à la fin de 1990 et durant 1994, respectivement.

Mais d'ici mars 1987, les systèmes LANDSAT et SPOT devront cohabiter non seulement dans l'espace, où la place ne manque pas, mais aussi sur le

marché commercial de la télédétection, terrain beaucoup plus étroit, où LANDSAT seul a déjà bien du mal à manœuvrer. A défaut d'un formidable développement des applications dans tous les domaines, ces systèmes concurrents auront des difficultés à cohabiter, du moins en termes de stricte rentabilité. Et leurs perspectives ne s'arrangent pas avec l'arrivée imminente dans le ciel d'un certain nombre de rivaux.

Citons tout d'abord IRS-1, financé par l'Inde. Ce nouveau satellite aura une période de 22 jours, sera équipé de deux scanners effectuant des relevés dans quatre bandes spectrales, l'un sur une surface de 148 km de côté avec une résolution de 72 m, l'autre sur une surface de 74 km de côté avec une résolution de 36 mètres.

Après avoir refusé de s'associer au projet français, nos voisins continentaux groupés au sein de l'Agence spatiale européenne ont mis au point leur propre programme de surveillance de la Terre : ERS-1 embarquera un dispositif capable de recevoir les images de la Terre dans la gamme des fréquences radar, dont les ondes ont l'immense avantage de percer la couverture nuageuse. L'engin pourra donc, au contraire de LANDSAT et de SPOT, "voir" notre planète par tous les temps, évitant ainsi toute discontinuité dans l'observation.

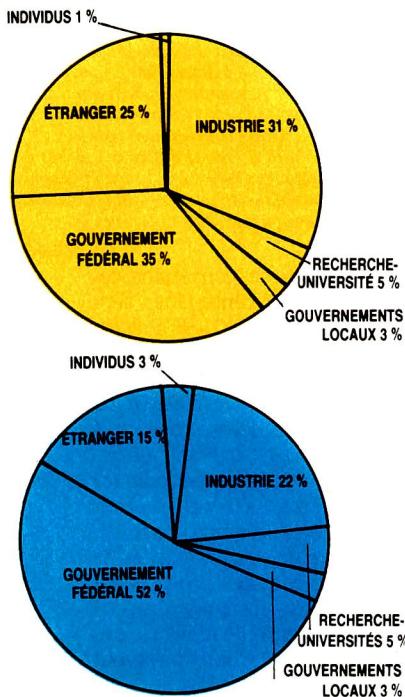
Le Japon travaille de son côté sur un projet de satellite de télé-

détection. Son nom : JERS (Japan Earth Resources Satellite). Sa mission : tout comme ses semblables, glaner des informations sur les ressources minières, les forêts, les récoltes. En principe, l'engin japonais devrait entrer en service dans le courant de l'année 1991. Il aura à son bord deux types d'instruments : un scanner comme SPOT ou LANDSAT, et un radar à ouverture synthétique tout comme ERS-1 ; il pourra donc observer le sol même par temps nuageux.

Le Brésil songe également à placer un satellite dans l'espace à la fin de cette décennie. Des industriels allemands se sont entendus sur le projet SPARX. Un scanner MONS (Modular Optoelectronic Multispectral Scanner) est monté avec la navette spatiale américaine lors de son septième vol, et a pris des clichés de la Terre pendant toute la durée de la mission. Son inconvénient majeur est d'être tributaire de la navette et de ses périodes de vol ; il ne fournit donc que des données épisodiques.

**M**algré la concurrence croissante, malgré un marché qui a du mal à s'épanouir, les responsables du programme français sont optimistes. « Si nous avons fait SPOT, explique Jean-Claude Rivereau, directeur commercial de SPOT-Image, c'est parce que nous avons le ferme espoir qu'il sera rentable et qu'il s'autofinancera à terme. Nous ne pensons

### QUI SONT LES CLIENTS DE LANDSAT ?



Qui utilise les images de télédétection ? Selon une étude américaine, les clients de LANDSAT sont en majorité des fonctionnaires du gouvernement fédéral appartenant à des grandes agences nationales comme la NASA, la NOAA, etc. C'est là que se réalisent 35 % du chiffre d'affaires des photos LANDSAT et 52 % du chiffre d'affaires des bandes magnétiques renfermant les données LANDSAT. Les industriels américains viennent en seconde position dans les deux cas, suivis par les clients étrangers.

## LES CLICHÉS SPOT ?



3



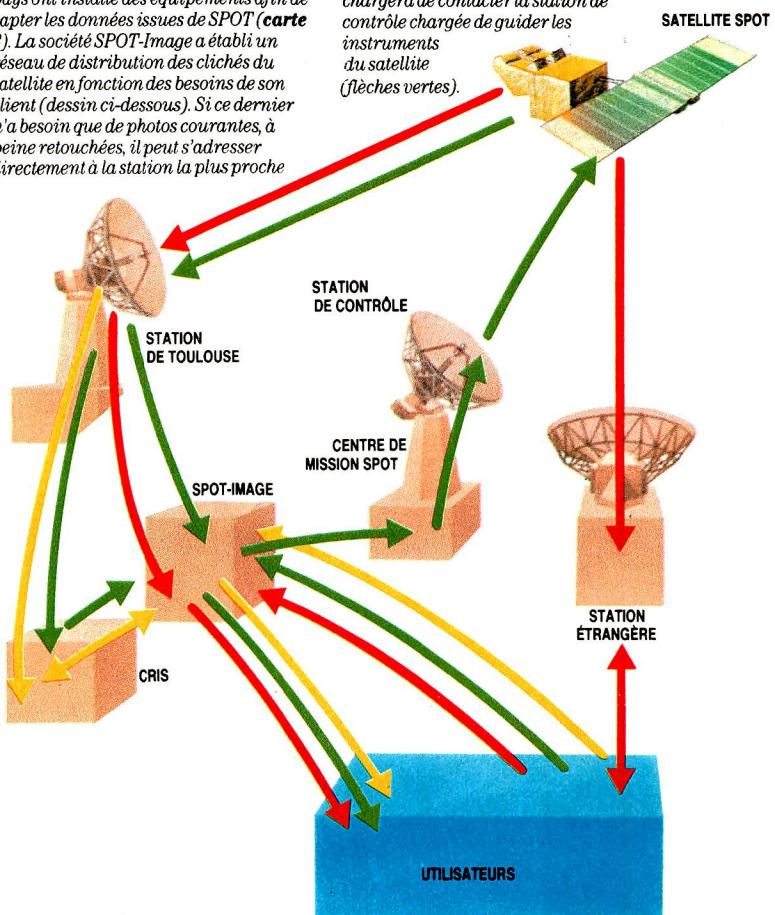
pas, il est vrai, récupérer les 2,5 milliards de la mise initiale en recherche et en développement qui concernent le premier satellite de la série. Très vite, nous devrions être en mesure d'équilibrer nos frais de fonctionnement, mais sans doute ne pourrons-nous pas assurer le financement de *SPOT-2*, qui se monte à un milliard de francs. En revanche, d'ici quatre ans, lorsque nous mettrons *SPOT-3* en service, la totalité de nos dépenses d'investissement et de fonctionnement pour ce modèle devrait être contrebalancée par nos revenus. L'ensemble du programme, mis à part *SPOT-1*, devrait être amorti sur dix ans.»

Rendons hommage à cet optimisme, et espérons que la suite des événements récompensera pareil acte de foi. Quel que soit le destin économique de *SPOT*, et seul l'avenir le connaît, ce premier satellite français d'observation de la Terre est une prestigieuse référence pour nos industriels, notamment la société Matra qui le construit. D'ailleurs le gouvernement lui a confié la maîtrise d'œuvre de *SPOT 2*, et la société participe aux programmes indien et européen d'observation de la Terre.

Avant longtemps, l'homme comprendra son intérêt vital à exploiter les images de cette planète envoyées de l'espace, pour la bonne gestion de ses ressources et la défense de son environnement. Alors il acceptera de payer, pour un tel service, le prix que mérite son utilité. ■

Depuis la mise en service du satellite *LANDSAT*, divers pays se sont équipés de stations de réception (points noirs sur les cartes) des images en provenance du radiomètre *MSS* (carte 1), puis en provenance du *TM* (carte 2). Aujourd'hui 15 pays sont équipés d'antennes *MSS* et 7 d'antennes *TM*. Chacune couvre une surface de 2 000 km de rayon (les zones couvertes sont en rouge sur les cartes). Parallèlement, 8 pays ont installé des équipements afin de capturer les données issues de *SPOT* (carte 3). La société *SPOT-Image* a établi un réseau de distribution des clichés du satellite en fonction des besoins de son client (dessin ci-dessous). Si ce dernier n'a besoin que de photos courantes, à peine retouchées, il peut s'adresser directement à la station la plus proche

ou à *SPOT-Image* (flèches rouges). S'il veut des images "travaillées", il devra passer par *SOT-Image* (ou par sa filiale américaine), qui chargera le Centre de rectification des images spatiales de Toulouse (CRIS) d'effectuer le travail (flèches jaunes). Si enfin, ce client désire des images "sur mesure", il faudra encore qu'il s'adresse à *SPOT-Image*, qui passera la commande spécifique au centre de mission *SPOT*, lequel se chargera de contacter la station de contrôle chargée de guider les instruments du satellite (flèches vertes).



# LE KIWI CONQUIERT NOS VERGERS

## IL ÉTAIT EXOTIQUE, ON LE TROUVE

**DÉSORMAIS** sur nos marchés. Sa culture est difficile, mais de plus en plus d'agriculteurs s'y lancent. Sa "naturalisation" reste cependant fragile...

**P**our de nombreux arboriculteurs français, l'*Actinidia chinensis* ou arbre à kiwis est une bénédiction car la conjoncture présente n'est pas brillante : la surproduction affecte le marché des pommes et la maladie du "feu bactérien" celui de la poire d'hiver, la Passe-Crassane ; côté pêches, point de salut hors de la zone méditerranéenne ; côté vignes, la tendance est plutôt à l'arrachage... L'avènement du kiwi est donc bien accueilli dans cette fin de siècle où le maître-mot invoqué pour régler les problèmes de notre économie agricole aux excédents chroniques est : diversification.

Le fruit, nouveau, original, coloré par les chlorophylles et les caroténoïdes qu'il contient, est à la mode. Il peut d'ailleurs être

apprécié à plus d'un titre ; il est deux à trois fois plus riche en vitamine C que le citron ou l'orange et contient, en faibles quantités, des vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine) et A (rétinol). Dans 100 g de fruit frais (un gros fruit), on trouve 15 à 22 g de matière sèche dont :

- des protéines : 0,5 à 1,5 g (en particulier une enzyme protéolytique voisine de la papaïne);
- des sucres : 7,5 à 13 g;
- des acides organiques : 1 à 1,6 g (acides citrique, malique et quinique principalement);
- des lipides : 0,3 à 0,9 g;
- des pectines : 0,3 à 1,1 g;
- des matières fibreuses : 1,1 à 2,9 g...

Il est, par rapport aux autres fruits, riche en sels minéraux (environ 1 %, constitué de calcium, de chlore, de magnésium, de phosphore, de po-

tassium, de soufre...) et pauvre en nitrates. Quant à son parfum, il est dû à des composés volatils, essentiellement des aldéhydes et des phénols.

La rentabilité de la culture, elle, pulvérise les records. Certes, il faut attendre trois ou quatre ans avant de récolter les premiers fruits et l'investissement de départ est lourd, plus de 200 000 F par hectare. Mais les frais annuels de culture, de l'ordre de 35 000 F/ha, ne sont pas très élevés (elle n'est quasiment pas traitée, les parasites étant, pour l'instant, très discrets). Et surtout, la recette est appréciable. A raison de 600 à 800 fruits par arbre, on peut espérer récolter 20 à 30 t/ha et les fruits sont actuellement payés au producteur autour de 20 F le kg (du moins pour ceux de taille raisonnable, c'est-à-dire de plus de 65 g). Quelques ombres au tableau : le gel ou quelque autre calamité (vent, sécheresse, inondation...) peut tout gâcher. Ainsi, le froid de l'hiver 85 aura fait chuter la production française à 9 000 t, alors que l'on escomptait 15 000.

Car l'espèce ne peut renier sa naissance en Chine sous les tropiques, ni son éducation néo-zélandaise dans la baie de Plenty (baie de l'Abondance), berceau et fief de la culture du kiwi (**voir encadré page 107**).

Au printemps, les jeunes bourgeons, renfermant les ébauches de tiges, de feuilles et de fleurs, ne supportent pas des températures inférieures à -2, -3 °C (°) : les "kiwiculteurs" les protègent par une irrigation en fines gouttelettes qui, en se prenant en glace, cèdent de la chaleur aux bourgeons (**voir photo ci-contre**). A l'automne, ce sont les

**L'Actinidia est très sensible au gel.** Pour protéger la plante au printemps, on l'arrose ; les gouttes se prennent en glace cèdent de la chaleur aux bourgeons et forment une carapace de gel.



fruits qui risquent d'être détruits si leur température est abaissée à  $-1^{\circ}\text{C}$ ; or la récolte en France ne peut s'effectuer avant les derniers jours d'octobre. Auparavant, le fruit ne possède pas une teneur suffisante en matière sèche soluble (égale, pratiquement, à la teneur en sucres issus de l'hydrolyse de l'amidon) pour pouvoir mûrir après détachement de l'arbre. Aussi l'arboriculteur suit-il avec anxiété la lente augmentation de cette teneur qu'il mesure directement sur un petit appareil dont il ne se sépare bientôt plus : le réfractomètre. Dès les premiers jours de novembre, il sonde l'avenir, thermomètre dans une main, réfractomètre dans l'autre, inquiet sur sa récolte incertaine et pourtant si proche !

Même après la récolte, l'inquiétude persiste. En effet, si la température fléchit en deçà de  $-6^{\circ}\text{C}$ , ce sont les jeunes troncs encore en sève qui, tels des tuyaux pleins d'eau, éclatent. En décembre et janvier, la plante, dormante, peut résister jusqu'à  $-18^{\circ}\text{C}$ ,  $-21^{\circ}\text{C}$  même pour des troncs âgés. Mais dès après les premières remontées de sève, à la fin de l'hiver, le gel provoquera des nécroses, des éclatements ou des effets qui ne se manifesteront que l'été suivant, par un flétrissement de la végétation. La liane, vivace, a cependant une capacité de régénération étonnante et repart au-dessous des points de gel.

Un autre mal qui guette l'*Actinidia* en France est le dessèchement par le vent et la faible hygrométrie de l'air. Il faut à la plante un air très humide, qui lui rappelle ses sous-bois originels. Pour éviter qu'elle ne transpire plus qu'elle ne peut puiser d'eau dans le sol, il faut insérer le verger dans un réseau dense de brise-vents. Certains producteurs couvrent également leurs plantations de filets anti-grêle, ce qui limite l'évaporation par la même occasion. Autre contrainte : l'*Actinidia* est l'une des plantes les plus exigeantes en eau. Mais l'irrigation doit être répartie sur toute l'année et frac-

tionnée car la plante est également l'une des plus sensibles à l'asphyxie par un sol inondé. Il lui faut donc un sol filtrant, sableux, profond ou bien drainé.

D'où les limitations de la culture en France. Selon R. Monet, spécialiste d'arboriculture fruitière à l'INRA (2), les zones les plus favorables se si-

tions climatiques ne sont pas tout. Il faut d'abord compter avec des raisons inhérentes à l'espèce : chaque plante est unisexuée et possède soit des fleurs mâles, soit des fleurs femelles (**voir encadré page 107**). Pour avoir des fruits, il faut donc planter des pieds mâles à côté des pieds femelles. Dans un



tuent en Corse, dans la plaine orientale (avec cependant des problèmes d'irrigation); dans la vallée de l'Adour, berceau des plantations en France, et autres vallées de gaves des Pyrénées-Atlantiques et des Landes; enfin, tant que les prix du marché le permettent, dans la vallée de la Garonne et la moyenne vallée de la Dordogne (avec là, cependant, des risques de gel). En Provence et dans la Languedoc-Roussillon, l'été est trop sec.

Même pour les producteurs situés dans les zones d'élection de l'*Actinidia*, les bonnes condi-

verger, cela se traduit par une densité de plantation de l'ordre de 500 pieds femelles à l'hectare environ, pour 85 mâles bien répartis. Et surtout, il faut installer des ruches d'abeilles, ou mieux, de bourdons, au bon moment pour réussir l'étape cruciale de la pollinisation (fin mai). En effet chaque fleur (femelle) donne un fruit qui résulte du grossissement de l'ovaire. Mais le fruit ne sera de taille respectable que si, ayant été bien fécondé, il contient suffisamment de graines. Car ce sont eux, les petits pépins noirs que l'on observe

Bruno, la variété des jardins.

## LES FRUITS CHINOIS AUX ACCENTS NÉO-ZÉLANDAIS



*L'Actinidia chinensis*, originaire des hauts plateaux de Chine, pousse spontanément sur les rives du Yang-Tse-Kiang, et dans les pays à climat subtropical humide. Elle a été rapportée de Chine par l'explorateur anglais Fortune (joli nom !), puis décrite par un botaniste français, Planchon, en 1847. Elle appartient au genre *Actinidia* (famille des Dilleniaceées), riche de plus de trente espèces: *A. kolomikta*, *A. arguta* (fruit de gauche, sur la photo) *A. hispida*, etc. qui, pour la plupart, ont des fruits glabres. C'est une liane fruitière, pérenne, dont le rythme de végétation se rapproche de celui de notre vigne. La plante sauvage est coutumière des lisières de forêt humide et peut atteindre plus de 10 m de haut : ses racines, superficielles, sont très enchevêtrées ; ses rameaux sont puissants, les jeunes pousses comme les fruits, sont velus ; les feuilles des plantes adultes sont larges et en forme de cœur, avec un bord finement denté ; les fleurs sont jaune-crème ; les fruits sont des baies rondes et petites (3 cm environ de diamètre), appelées Yang-Tao (Tao = pêche), nom traduit initialement en France par : "groseille de Chine".

Bien que l'*Actinidia chinensis* ait été introduite en Europe et aux Etats-Unis en même temps qu'en Nouvelle-Zélande, c'est à cette dernière que revient la palme de la culture : le verger y est passé de 13 ha en 1950 à 15 500 ha en 1985 (six fois plus qu'en France)... Introduite en 1906, l'espèce fut sélectionnée sur place, notamment par un pépiniériste renommé, Hayward Wright, qui en 1928 obtenait une variété à gros fruits qu'il nommait "la grande ovale de Wright". Désignés quelques années plus tard sous le nom d'Hayward, les plants de cette variété occupent aujourd'hui 98 % du verger professionnel mondial ! Le nom de kiwi a été adopté par la Nouvelle-Zélande, en 1959, six ans après les premières exportations. Il rend autant hommage aux Néo-Zélandais, surnommés "kiwis", qu'à leur mascotte nationale, l'apéryx, un oiseau marcheur au long bec et aux rudiments d'ailes, spécifique de ce pays, également appelé kiwi. Ce kiwi-là est malheureusement en voie de disparition. On ne parle plus guère de "groseille de Chine" : la griffe néo-zélandaise "internationale" est désormais associée pour toujours au fruit de l'*Actinidia chinensis*. Même si, petite révolution en Lanterneau, les systématiciens ont récemment établi que les Hayward appartaient plutôt à l'espèce *Actinidia deliciosa* !

en coupant le fruit, qui sécrètent les facteurs de croissance (auxines et gibérellines) de l'organe.

Les Néo-Zélandais, dont la récolte commence le premier mai (nos saisons sont opposées), ont rapidement saisi l'intérêt d'une culture complémentaire dans l'hémisphère nord pour répondre à la demande des consommateurs toute l'année. Ils n'ont été avares ni de leurs plants, ni de leurs connaissances sur la conduite de la plante : mais le climat dans leur baie de Plenty, située dans l'île Nord, est plus ensoleillé, plus humide, bref, plus subtropical...

Il faut ensuite compter avec des raisons de variété : la variété néo-zélandaise Hayward, la seule qui soit véritablement cultivée dans tous les vergers professionnels du monde, est celle qui, en France, pose le plus de problèmes en culture ; la floraison de ses plantes (femelles) est tardive ; les mâles qui la pollinissent fleurissent plutôt avant, ce qui entraîne un nombre de fécondations insuffisant ; les fruits sont certes gros, parce qu'ils mûrissent tard mais, à cause de cela, ils risquent de geler sur l'arbre avant qu'on puisse les récolter ; ils ont peut-être aussi un goût légèrement moins fin que les autres variétés (néo-zélandaises également : Bruno, Monty, Abbott...) aux fruits plus petits, réservés au marché amateur.

Aujourd'hui, les pépiniéristes français (Marionnet, Blanc, etc.) ont pris la relève et produisent eux-mêmes les boutures, hier importées, de la variété néo-zélandaise (¹). Mais personne ne peut proposer une "variété française", exempte d'habitudes subtropicales, et qui, idéalement, porterait des fruits gros et à maturité précoce, deux caractères incompatibles dans les variétés néo-zélandaises. L'INRA, qui n'a pas cru, il y a vingt ans, au succès de cette culture, semble avoir définitivement raté le coche. A la station de San Giuliano, en Corse, le kiwi n'est qu'un des éléments du programme de diversification fruitière

(axé sur la mangue, la passiflore, le feijoa, le kaki, le néflier du Japon, l'avocat, les agrumes...).

Or la création d'une variété chez cette espèce, parce qu'elle est dioïque et pérenne, est un travail de longue haleine : 20 ans minimum. On voit mal les producteurs, qui auront d'ici là tout planté en Hayward, arracher leurs vigoureuses lianes fruitières ! Car l'*Actinidia* n'a pas peur de vieillir : les deux pieds — sauvages — plantés au début du siècle au jardin botanique du Museum national d'histoire naturelle, sont en parfait état ; malgré ses quatre vingts ans dépassés, le pied femelle porte allègrement ses 90 kg de fruits chaque année, et, bien abrité, n'a même pas été touché par le rude hiver 1985 (⁴).

**L**es premiers producteurs ont donc dû innover. Dans les années 50, les rares tentatives de kiwiculture se sont cantonnées aux jardins. Plus tard, dans les années 70, une première vague d'essais professionnels s'est soldée, faute de marché, d'informations sur la taille et sur les contraintes de la culture, de qualité des plants peut-être, par de nombreux échecs. Seuls quelques pionniers, tel Henri Pedelucq, dans la vallée de l'Adour, ont résisté. Autour d'eux, aujourd'hui, les plantations s'accélèrent. La filière s'organise ; un Bureau interprofessionnel du kiwi (BIK) regroupe en France les opérateurs commerciaux et les producteurs de 95 % des fruits mis en marché. Une Organisation internationale du kiwi a tenu, en septembre dernier aux Etats-unis, sa quatrième conférence entre pays producteurs.

La Hayward y est reine. Si cette variété fournit la quasi-totalité des kiwis commercialisés dans le monde, c'est parce qu'elle a deux atouts majeurs : ses fruits sont charnus et ils ont une excellente aptitude à la conservation en chambre froide. Le premier atout permet, outre

(3) Il s'agit plutôt d'un type variétal, les boutures diffusées à travers le monde ne provenant pas de la même plante-mère.

(4) Ces deux plantes ont servi aux premières recherches — succinctes — dont *Science & Vie* faisait état dans son numéro d'octobre... 1950.

(5) L'indice (lu sur le réfractomètre) doit atteindre 6,5 pour que la récolte puisse commencer ; le fruit, destiné à l'entreposage, est alors suffisamment développé

une récolte plus facile, une astuce commerciale non négligeable : acheter les fruits au kilo et les revendre à la pièce avec une marge confortable. La seconde caractéristique a permis la pénétration rapide des fruits sur les marchés. Car elle permet de récolter les fruits dès leur maturité physiologique, qui n'est pas celle de la consommation<sup>(5)</sup> et d'étaler leur commercialisation, de décembre à mai pour les kiwis de l'hémisphère nord, et de mai à décembre pour ceux de l'hémisphère sud.

Les fruits d'Hayward, refroidis rapidement et énergiquement après récolte pour atteindre une température de 0 à 0,5 °C, peuvent en effet être conservés à cette température, en atmosphère normale, ou mieux, en atmosphère contrôlée (air appauvri en oxygène et enrichi en gaz carbonique) pendant une durée de 6 mois, contre 2 à 3 mois pour les fruits des autres variétés. Il leur faut pour cela une humidité ambiante supérieure à 90 % et l'absence totale d'éthylène. En effet, ce gaz, synthétisé par les fruits lors de leur maturation, déclenche et accélère la maturation des fruits qui n'ont pas entamé ce processus. La sensibilité des kiwis à ce gaz est extrême (1/50 à 1/10 partie par million dans l'atmosphère) dès que la température est au-dessus de 2 °C. Aussi faut-il éliminer toutes les sources possibles d'éthylène (il y en a dans les gaz d'échappement des moteurs) pendant le stockage des fruits. Par contre, des kiwis achetés fermes sur le marché mûriront en peu de temps si on les enferme dans un sachet en plastique avec une pomme ou une poire, grâce à l'éthylène dégagé par ces dernières.

Pour pallier la carence en initiatives de la recherche publique, les producteurs financent eux-mêmes des études. P. Blanchet, professeur au lycée agricole de Montauban et conduit par la demande régionale à se spécialiser dans l'étude de l'espèce, a répertorié une cinquantaine de thèmes de recherche sur la

culture, la conservation et la transformation des fruits, poursuivis dans divers organismes : les stations régionales d'expérimentation des arbres fruitiers, antennes des producteurs (Corse, Midi-Pyrénées et Aquitaine principalement), l'INRA, le CTIFL<sup>(6)</sup>, le laboratoire de l'université parisienne Pierre et Marie Curie...

Dans ce laboratoire, les chercheurs ont d'ailleurs montré que l'intérêt de l'*Actinidia* ne se limite pas seulement au fruit. L'espèce manifeste en culture *in vitro* des qualités de génération d'organes exceptionnelles : en jouant sur la composition du milieu, les chercheurs (A.-M. Hirsch et ses collègues) ont réussi à faire pousser à volonté, des racines, des bourgeons et même des fleurs, phénomène extrêmement rare, directement sur des cals<sup>(7)</sup> de fragments de tige mis en culture (**voir encadré ci-contre**). Ils peuvent aujourd'hui soit régénérer la plante, soit la bouturer, soit faire des cultures de cellules *in vitro*.

Or ces cellules sont très productives de substances commercialement intéressantes comme des mucilages, des alcaloïdes et des stérols. Les chercheurs ont enfin caractérisé des marqueurs biochimiques, les peroxydases, qui permettent d'identifier, à partir des tissus ou des cellules cultivés *in vitro*, le sexe de la plante sur laquelle a été prélevé le fragment initial mis en culture. Si ces résultats se confirment *in vivo*, ils pourraient avoir des applications pratiques, comme la détection précoce du sexe, bien avant la première floraison qui ne survient que dans la troisième ou quatrième année après plantation.

La culture pouvait prêter à sourire lorsque les pionniers s'y lançaient en 1968 ; elle est aujourd'hui le point de mire de beaucoup d'arboriculteurs. L'engouement des consommateurs pour ce fruit, frais ou transformé, les rend optimistes sur le débouché.

Le Français en a consommé

sans pour autant que le processus de maturation soit engagé (indice supérieur à 10).

(6) Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

(7) Amas de cellules en division active, qui se développe sur le fragment d'organe cultivé *in vitro* et forme un tissu relativement homogène et inorganisé.

## QUAND LES MÂLES AURONT DES FRUITS

Chez *Actinidia chinensis* — pardon, *deliciosa* — chaque plant porte soit des fleurs mâles, soit des fleurs femelles ; l'espèce est dite dioïque (à sexes séparés). Il est en fait plus juste de parler de fleurs staminées pour les mâles et de fleurs pistillées pour les femelles, car les fleurs ont en réalité une structure hermaphrodite : les fleurs mâles (**en haut**) ont, en effet, un ovaire mais celui-ci est très peu développé et les fleurs femelles (**en bas**) ont de vraies étamines, mais celles-ci ne fabriquent pas de pollen fonctionnel. La nuance est de taille ; elle explique que l'on ait pu trouver dans les vergers quelques rares mâles produisant spontanément des fruits. Anne-Marie Hirsch, chargée de recherche au CNRS, a démontré que le dioïsme d'*Actinidia chinensis* n'était pas absolu, en parvenant à faire développer *in vitro* les ovaires des fleurs mâles. Cette découverte offre l'espérance de disposer dans le futur d'une variété hermaphrodite, et pourquoi pas, française.



La fleur mâle...



... et la fleur femelle de l'*Actinidia chinensis*

90 g en 1984 (l'équivalent d'un gros fruit), trois fois plus que l'année précédente. Et pourquoi n'en consommerait-il pas bientôt autant que les Allemands de l'Ouest, (360 g par habitant en 1984) ou les Japonais (220 g par habitant), dont les pays se partagent les deux-tiers des exportations néo-zélandaises ?

Mais pour être compétitif, il faut faire vite : les exportations néo-zélandaises ont doublé cette année, passant à 24 millions de plateaux (soit 87 000 t ou 80 % de la production). Dans l'euphorie du moment, on plante des centaines d'hectares en Corse, en Italie, en Espagne, au Portugal, en Grèce, en Californie, au Japon, en Afrique du Sud, en Australie... et le mouvement s'accélère. Les "kiwis" (néo-zélandais) eux-mêmes, forts de leurs succès, se mettent à planter dans les zones difficiles comme la Poverty Bay (baie de la Pauvreté) ou l'île Sud, plus froide. Jusqu'à quand le marché restera-t-il ouvert ? Les producteurs demeurent prudents : cinq ans, disent-ils. Le temps que leurs plantations actuelles mettent à fruit ! Ensuite, on peut craindre que le gel, les contraintes de la filière, ainsi que l'accoutumance du consommateur refroidissent les enthousiasmes ! ■

# DEVENEZ REPORTER JOURNALISTE

Le plus beau, le plus exaltant des métiers du monde désormais à votre portée... Grâce à sa méthode moderne inédite, facile à assimiler, UNIVERSALIS (Institut international d'enseignement privé par correspondance) vous offre une occasion unique de transformer merveilleusement votre existence en vous préparant RAPIDEMENT et A PEU DE FRAIS à l'exercice de cette profession passionnante et de prestige.

Pendant vos loisirs, tout à votre aise, quels que soient votre âge, votre sexe, vos études, vos occupations, votre résidence, UNIVERSALIS vous initie à la technique de l'information, à la pratique du reportage, de l'enquête, de l'interview (presse écrite, radio, télévision) dans tous les domaines de l'actualité quotidienne : faits divers, affaires criminelles, politique, sports, mondanités, événements de province et de l'étranger, etc.

Demandez la documentation gratuite n° 17 à UNIVERSALIS, 11, Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS. Pour la Belgique : 13, bd Frère Orban, 4000 Liège. Tél. 041/23.51.10

**BON** pour une documentation gratuite sans engagement et sans frais.

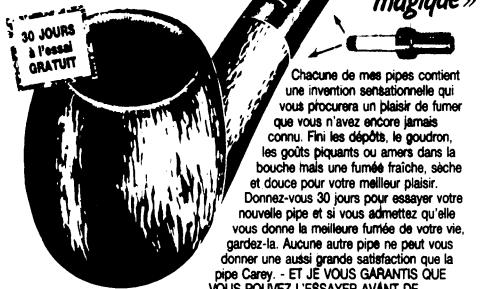
à découper ou à recopier

NOM : \_\_\_\_\_  
PRENOM : \_\_\_\_\_  
ADRESSE : \_\_\_\_\_

## 1 NOUVELLE PIPE GRATUITEMENT

pendant 30 Jours

Une sélection de pipes en bruyères de toute première qualité pour votre essai GRATUIT



«Tube magique»

Chacune de mes pipes contient une invention sensationnelle qui vous procurera un plaisir de fumer que vous n'avez encore jamais connu. Fini les débâcles, le goudron, les goûts piquants ou amers dans la bouche, mais une fumée fraîche, sèche et douce pour votre meilleur plaisir. Donnez-vous 30 jours pour essayer votre nouvelle pipe et si vous admettez qu'elle vous donne la meilleure fumée de votre vie, gardez-la. Aucune autre pipe ne peut vous donner une aussi grande satisfaction que la pipe Carey. - ET JE VOUS GARANTIS QUE VOUS POUVEZ L'ESSAYER AVANT DE

L'ACHETER! Écrivez aujourd'hui pour recevoir GRATUITEMENT et sans aucun engagement un dépliant couleur pour sélectionner votre style de pipe favorite.

### BON POUR UN DÉPLIANT COULEUR GRATUIT E.A. CAREY.

Veuillez m'envoyer votre dépliant couleur afin que je puisse choisir une pipe pour un essai gratuit de 30 jours.

A renvoyer à :

E.A. CAREY - B.P. 61 - 59223 RONCQ

ENVOYEZ CE COUPON  
DES Aujourd'hui

E.A. CAREY - B.P. 61 - 59223 RONCQ

NOM \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

# Le **NOUVEAU** guide 86 de la réussite aux examens

vient de paraître



... Il est  
actuellement  
distribué  
gratuitement  
sur simple  
demande adressée  
au C.E.R.E.P.

C'est le guide à vous procurer d'urgence si vous avez décidé de réussir cette année vos examens ou vos concours...

En effet, une nouvelle méthode révèle toutes les techniques et moyens que celui qui étudie doit connaître pour être sûr de réussir ses examens et ses études.

Une méthode claire et efficace qui vous montre ce qu'il faut faire pour :

- apprendre plus en moins de temps et pour plus longtemps,
- lire trois fois plus vite en retenant mieux vos lectures,
- stimuler vos facultés intellectuelles,
- décupler votre mémoire et votre capacité d'assimilation.

Cette méthode vous montre également :

- comment éliminer le trac le jour de l'examen et être en pleine forme,
- comment se motiver pour les études ou pour une matière,
- comment effacer la fatigue et vous recharger d'énergie en quelques minutes.

La Méthode du C.E.R.E.P. - véritable guide du succès - révèle votre potentiel de réussite et enclenche la dynamique du succès qui donne des résultats étonnantes (et attestés!).

Le nouveau livret-guide 86 vous explique en détail le contenu de cette méthode, il est GRATUIT.

Pour le recevoir, sans aucun engagement, découpez ou recopiez le bon ci-dessous et envoyez-le au : C.E.R.E.P. Centre Européen de Recherche pour l'Efficacité Personnelle 10/H3, rue Deltéral, 93310 Le Pré-St-Gervais.

**REPORTEZ VITE. Actuellement un avantage particulier est réservé aux étudiants.**

### Bon pour un guide **GRATUIT**

Envoyez-moi par courrier et gratuitement le GUIDE 86 "Comment réussir vos examens et vos concours" en joignant l'avantage particulier réservé aux étudiants. Ceci ne m'engage en aucune manière.

NOM (M.-Mme-Mlle) \_\_\_\_\_

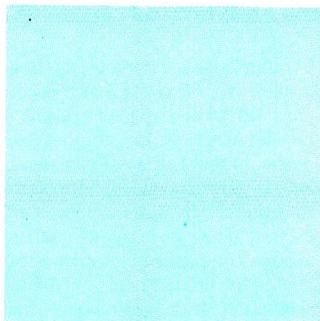
PRENOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_

VILLE \_\_\_\_\_

à remplir et à envoyer au C.E.R.E.P.  
10/H3 rue Deltéral, 93310 Le Pré-St-Gervais



## INSPECTION SOUS-MARINE

### UNE JEEP QUI ROULE SUR TOUTE SURFACE ET EN TOUTE POSITION

**L**e contrôle, l'inspection et la reconnaissance sous-marines constituent un problème majeur pour les armateurs, les ports, les gestionnaires de barrages ou de canaux, les sociétés maritimes, l'ensemble du secteur de l'offshore : tous ceux qui disposent d'ouvrages immergés.

C'est pour eux que la société Les Ressources sous-marines (LRS, 229 route Léon-Lachamp, 13009 Marseille, tél. 91 41 01 16) a développé l'Astros, une véritable jeep sous-marine : un véhicule télécommandé par câble (ou ROV : *Remote Operating Vehicle*), qui permet toutes les inspections non destructives en eau pleine et surtout roule sur toute surface et en toutes positions. Les dimensions et le poids réduits (120 kg) permettent une mise en eau très rapide et très simple. Le pilotage à distance est effectué à

(suite du texte page 110)

# VRAIES ET FAUSSES COQUILLES D'ESCARGOTS

**N**otre écho sur les coquilles d'escargots artificielles et jetables (*Science & Vie* août 85), nous a valu une lettre du président du Groupe des fabricants d'escargots qui aurait relevé « deux affirmations totalement erronées qui peuvent porter un grave préjudice » à sa profession :

« 1. Le règlement sanitaire des USA n'interdit d'aucune façon l'entrée des coquilles d'escargots ; bien entendu ces coquilles doivent être nettoyées correctement, ce qui peut être réalisé chez tous les fabricants français consciencieux.

» 2. Les escargots ne sont absolument pas importés de Chine Populaire, car la famille *Helix* (seule espèce de vrais escargots ayant droit

à l'appellation « escargots de Bourgogne » et « escargots ») ne vit que dans les pays européens. Seule la famille *Achatina* provient des pays d'Asie du Sud-Est et est commercialisée sous la dénomination « escargots *Achatines* ». Il s'agit, pour cette espèce, d'un gastéropode qui n'a aucune comparaison avec les escargots *Helix*, produit noble qui a fait la réputation de la gastronomie française. »

S'il n'y a effectivement plus de texte interdisant l'entrée des coquilles d'escargots sur le territoire américain, et cela depuis deux ans, dans les faits, les coquilles sont soumises au contrôle très rigoureux de la Food and Drug Administration et les refus sont tellement nombreux

que l'importation reste très difficile.

Le contrôle porte sur la subsistance, au fond de la coquille, du « tortillon » ou hépatopancréas de l'escargot, qui résiste parfois au nettoyage à la soude caustique et sèche ensuite au soleil en s'étendant largement. Aucun cas d'empoisonnement n'a été relevé aux Etats-Unis, mais cette affaire de tortillon préoccupe la très prudente FDA.

La parade consiste à exporter vers le Canada, puis à passer plus tranquillement la frontière américaine. Les escargots dans leurs coquilles d'origine sont interdits à la vente en restaurant au Canada, mais admis dans les supermarchés.

En ce qui concerne les importations, plus de 99 % des escargots commercialisés en France sont importés ; la variété Bourgogne ne saurait recouvrir que les authentiques bourguignons, puisque ceux-ci ne représentent que la quantité négligeable récoltée et dégustée sur place par les gens du cru.

La variété *Helix* vient effectivement d'Europe (Turquie, Grèce, Yougoslavie et même Albanie). La plus courante (3-4 000 t par an) est *Helix lucorum*, présentée comme escargot « type Bourgogne » ou « façon Bourgogne ».

La variété *Achatina* (*Achatina Fulica*) est importée à raison d'environ 1 400 t par an d'Asie du Sud-Est (Chine, Indonésie, Thaïlande, Taïwan). Rien de spécial ne la place en dessous des *Helix*, et les organisations de consommateurs ont déclaré que les *Achatines* étaient les meilleures. En fait, ils sont seulement un peu plus mous, sans grande différence quant au goût. Tout ce que l'on peut leur reprocher est une coquille ronde qui tient moins bien sur un plat que celle des *Helix* et semble-t-il, un tortillon mieux accroché.

A aucun moment notre écho ne mentionnait l'une ou l'autre espèce. Tout au plus, la correction doit porter sur le fait que seulement une partie est importée d'Asie et préciser que les barrières douanières américaines sont assez élevées, avec ou sans texte, pour pousser la firme bayonnaise Embacéral à faire fabriquer des coquilles artificielles.

## INSPECTION SOUS-MARINE

(suite de la page 109)

l'aide d'une console de contrôle complète qui permet au pilote une parfaite précision de manœuvre.

Une fois l'appareil plaqué sur la paroi intéressée il reste stable, même avec un courant de 3 noeuds, grâce à la présence de deux moteurs verticaux (deux autres moteurs horizontaux assurant sa marche et son orientation), et fournit des images et des mesures précises à distance constante de la surface contrôlée : toute une série d'appareillages peut être embarquée sur sa structure en

fonction de l'usage désiré par les utilisateurs.

Le placage et l'avance sont assurés par des turbines et le véhicule étant de poids réduit dans l'eau, peut évoluer sur tout type de surface — sur le fond, sur un plafond, sur un mur... —, que celle-ci soit en métal ou en béton, molle ou dure.

La qualité des images vidéocouleur associées à un zoom et à un focus télécommandé garantissent la capacité d'enregistrement et d'analyse de la surface inspectée, avec une très grande définition. Aucun autre appareil d'inspection sous-marine connu à ce jour n'apporte une telle stabilité, même par fort courant, ni de telles performances, surtout par mauvaise visibilité. L'Astros bénéficie de la construction déjà effectuée par LRS de plus de 150 appareils ROV qui ont de bonnes capacités en pleine eau, mais sont loin d'être aussi stables.

Le coût de commercialisation (par les sociétés PAREXA, pour l'étranger et Océama pour la France) est de 1 300 000 F HT, incluant le véhicule, l'ombilical auto-porteur, la manutention, la régie de surface, le support, un lot de pièces détachées et une formation de base. L'appareil peut être également loué à la journée. Il est, dans ce cas, mis en œuvre par la société Océama pour un prix de 8 à 10 000 F/jour.



## USINE FLOTANTE

## LE CHALUTIER LE PLUS MODERNE EST FRANÇAIS

**L**e groupe Ortiz (Miko, Miko-gel, Vivagel), leader français dans le domaine de la glace et du surgelé, vient de lancer le *Grande Hermine*, un chalutier (bateau de pêche traînant un filet en forme de poche), usine (les poissons seront traités par espèces, étêtés, éviscérés, dépiautés et filetés), surgélateur (le poisson en filet sera surgelé à -35° et présenté en boîtes individuelles de diverses contenances ou en blocs importants ultérieurement sciés pour devenir la base de préparations élaborées).

Le *Grande Hermine*, ainsi nommé en hommage au bateau à bord duquel le Malouin Jacques Cartier découvrit le Canada au XVI<sup>e</sup> siècle, qui entame ses premières campagnes de pêche en mers boréales, est le plus moderne navire du monde de ce type.

Il a deux ponts continus avec une rampe arrière de remontée de chalut déportée, autorisant une longueur maximum du pont de pêche de 41 mètres. Ce pont de pêche prend toute la longueur du chalutier afin de faciliter grandement le travail des marins. Dans un espace plus petit mais mieux agencé, on obtient ainsi des capacités aussi importantes que sur un chalutier de grandes dimensions.

De forme compacte, son architecture est celle des chalutiers traditionnels, mais sa conception originale le fait plutôt ressembler aux plates-formes en mer, voire aux porte-avions. Ce qui a permis de le doter, dans un espace réduit, des équipements et installations les plus modernes et les plus perfectionnés. Destiné à une exploitation dans les zones de pêche Atlantique-nord, il a fait l'objet d'études très particulières pour la navigation et la pêche dans les glaces.

Le navire est équipé pour la pêche au chalut de fond et au chalut pélagique. Il pêchera limandes, soles, raies, cabillauds, morues, lieux-noirs, aiglefins, lottes et crevettes. Il comprend des salles de travail pour le traitement et la surgélation du poisson, ainsi qu'une cale de stockage à -28° pour les filets en blocs de 12 à 30 kg, ou en boîte sous emballage de 2 à 12 kg.

Enfin, sur le *Grande Hermine*, le capitaine devient informaticien.



D'abord l'équipement de radioguidage, outre les installations habituelles des chalutiers de pêche en haute mer, comporte radar et sonar de hautes technicités ainsi qu'un système de communication (téléphone, télex) par satellite. Ensuite un programme informatique a été spécialement conçu pour permettre au capitaine de programmer d'avance diverses opérations de

pêche en fonction des fonds, des glaces, du type des poissons pêchés, des conditions météo, etc.

La construction du chalutier aura demandé deux ans de préparation et un coût de 70 millions de francs. Avec 38 hommes d'équipage, il fera annuellement 4 à 5 expéditions de 45 à 60 jours et rapportera entre 500 et 600 tonnes de poisson à chaque campagne.

## CONCOURS

## "SCIENCE &amp; VIE" AIDE LES ARTISANS EXPORTATEURS

**L**es lauréats du Grand prix de l'exportation artisanale de la FONDEXPA (Fondation de l'exportation artisanale, voir *Science & Vie* n° 816 de septembre 85, p. 103) viennent d'être primés. Parmi eux, des entreprises aussi différentes que les établissements Paul Heumann (pains spéciaux), la société Laser Industrie (découpage, soudure et perçage au laser en sous-traitance), la société Yann de Coetlogon (maroquinier), la société François Perrin (articles de lutherie), les établissements Melfor (vinaigres, condiments, sauces), la société Interwind (accessoires de planches à voile), les établissements Aviasud Engineering (fabrication d'avions ultra-légers motorisés).

Rappelons que *Science & Vie* a ap-

porté son concours à ce Grand prix : abonnements gratuits à tous les lauréats et publication de trois exportunités (une offerte par notre revue, les deux autres par la FONDEXPA), ces fiches techniques publirédactionnelles insérées dans les 85 000 exemplaires de notre édition internationale et destinées à permettre aux entreprises désirant exporter de trouver des partenaires étrangers. Listes et coordonnées des lauréats sur demande à FONDEXPA, 71 rue Ampère, 75017 Paris. Informations sur les Exportunités à *Science & Vie*, (1) 45 63 01 02, poste 292 ou 212.

La FONDEXPA organisera un stand collectif au prochain Salon international des inventions et techniques nouvelles de Genève (voir notre information sur ce salon page 112).

## TÉLÉMATIQUE

### L'OUTIL DU CADRE DES ANNÉES 90

**L**es PTT ont commandé à Matra communication 50 000 Minitels intelligents M 20, livrables à partir de 1987.



Principalement destiné aux entreprises, ce Minitel très élaboré, disposant de deux lignes téléphoniques banalisées voies/données, se présente comme l'outil de communication du cadre des années 1990.

A toutes les fonctions connues du Minitel viennent s'ajouter des fonctions téléphoniques (composeur de numéros et écoute simplifiée), l'accès aux banques de données, la messagerie et des capacités de stockage d'information par cartouche.

Son architecture ouverte permettra aussi de lui adjoindre un module d'extension supportant de nombreux progiciels standard comme gestion de fichiers ou traitement de texte.

## SALON

### AIDE AUX INVENTEURS

**I**nnovation pour le 14<sup>e</sup> Salon international des inventions et techniques nouvelles de Genève (11-20 avril), qui est déjà la plus importante manifestation au monde, exclusivement consacrée aux produits nouveaux : la création, dans le cadre du Salon, d'une section "Innofinance", pour la promotion et le financement de l'innovation, sous le haut patronnage de l'European Venture Capital. Une chance de plus pour les chercheurs indépendants, les centres de recherche publics ou privés, les entreprises innovatrices qui sont à la recherche de financiers, de partenaires, de distributeurs, d'agents de vente.

Un brevet qui dort au fond d'un tiroir n'ayant jamais enrichi personne, il existe un regain d'intérêt pour le plus important marché mondial de la matière grise, qui accueille chaque année environ 500 exposants présentant un millier d'innovations (privés : 40 %, firmes 60 %) et reçoit plus de 100 000 visiteurs de 22 nations. L'an dernier quelque 400 licences y ont été négociées, pour un chiffre d'affaires d'environ 110 millions de francs français.

Une technologie innovatrice ou un produit déjà commercialisé sur le marché français (la France est le pays le mieux représenté) peuvent

être exposés : cela leur donne l'occasion d'"éclater" sur le marché international, opportunité multipliée par "Innofinance". Chambres de commerce, clubs de créateurs d'entreprises, Organisation mondiale de la propriété intellectuelle, Institut national de la Propriété Industrielle, organismes d'aide aux inventeurs/innovateurs participeront cette année au Salon de Genève. Ainsi que la FONDEXPA (Fondation de l'exportation artisanale). La direction de l'artisanat accorde aux artisans inscrits à une Chambre de métiers, une subvention pouvant couvrir 50 % des frais d'exposition dont le montant peut atteindre 3 000 F.

Comme à l'accoutumée, *Science & Vie* couvrira cette manifestation et disposera d'un bureau permanent.

On peut aussi exposer sans se déplacer, le Salon se chargeant des démarches nécessaires sans majoration du droit de participation.

Les inventeurs/innovateurs peuvent obtenir toute information auprès de l'ANVAR (Agence de valorisation de la recherche) de leur région (liste auprès du siège, 43 rue Caumartin, 75009 Paris, tél: (1) 42 66 93 10). Pour tout autre renseignement : Innova Diffusion, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, tél. (1) 45 63 01 02, poste 269.

### UN MINITEL QUI EST AUSSI UN TÉLEX

**U**n Minitel, émetteur ou récepteur de télex, c'est encore une nouvelle application de la télématique. Relié au serveur de BS Communication, tout abonné accède au réseau télex mondial avec tous les avantages de cette communication privilégiée : message en toute sécurité avec une trace écrite, indicatif du correspondant, date et heure de transmission.

Le système Tempo du serveur BS Communication permet d'utiliser le réseau télex sans se servir d'un appareil télex classique. Avec un Minitel



ou un micro-ordinateur raccordé ou non à une imprimante, c'est une solution très avantageuse pour un grand nombre de PME/PMI, de professions indépendantes, d'agents commerciaux, etc. Quant aux gros utilisateurs, ils peuvent choisir aussi cette formule pour décentraliser dans tous les bureaux, l'émission et la réception de télex.

Le système présente d'autres avantages décisifs : un coût d'abonnement trois fois moins cher qu'un télex classique (de 225 F/mois pour un Minitel PTT classique à 480 F/mois pour un terminal professionnel tel celui de notre photo) ; la possibilité de mémoriser des listes de destinataires et d'envoyer le même message à des milliers d'interlocuteurs en programmant heure et jour d'émission (tarifs heures creuses) ; enfin, l'émission ou la réception sur n'importe quel point du territoire français lors de déplacements professionnels.

Pour tous renseignements : Système Tempo Télex/Minitel BS Communication, 122 rue Marietton, 69130 Neuilly, tél. 78 83 19 00.

## ISOLATION

## UNE "PEAU DE VERRE" POUR ÉCONOMISER LE CHAUFFAGE



À près d'avoir introduit en France le vitrage Kappa float, véritable piège à énergie qui laisse pénétrer l'apport solaire gratuit tout en empêchant l'énergie interne de ressortir, (*Science & Vie* n° 808 de janvier 85), la société Pilkington présente aujourd'hui le Planar. C'est un revêtement isolant, en glace trempée, placé aussi bien sur des murs verticaux qu'en pente, en toitures qu'en balustrades. Il permet d'obtenir des façades absolument lisses, sans fixations visibles, grâce à une nouvelle méthode d'accrochage mécanique développée par la firme.

L'une des premières utilisations spectaculaires du système Planar en Europe est celle du centre commercial de Kingsmead, à Farnborough, dans la banlieue de Londres (**notre photo**). Plusieurs réalisations sont en cours à Paris, comme en province.

Le Planar est une véritable "peau" extérieure, un "mur-rideau", placé en avant de la façade, formant la liaison avec des plaques de fixation, elles-mêmes fixées sur une structure secondaire (métal, béton, verre). La flexibilité de l'ensemble de fixation permet d'absorber efforts et déformations. Le principe de récupération de la chaleur par "effet de serre" joue ainsi et il est accentué en hiver par la distribution forcée de la chaleur dans les étages. En saison chaude, au contraire, la ventilation multiplie l'effet isolant du Planar.

L'étanchéité entre les plaques de verre est assurée par un joint silicone

appliquée après la pose. Le Planar permet ainsi d'obtenir une surface parfaitement lisse, sans traverses intermédiaires ni pièces de fixation visibles. L'effet architectural obtenu est impressionnant et ce matériau pourrait bien jouer un rôle important dans l'architecture de demain.

Autre nouveauté de Pilkington sur le marché français : le Suncool Float. Ce vitrage a reçu, sous vide, un film

métallique qui filtre le rayonnement solaire, tout en conservant un bon éclairement naturel. Il augmente nettement l'isolation d'un double vitrage. Il peut être utilisé derrière un vitrage feuilleté, seul ou en conjonction avec le vitrage Kappa float.

Pour tout renseignement : Services techniques Pilkington, 47 rue de Liège, 75008 Paris, tél. : (1) 42 93 22 46.

## CHIMIE

## ÉLASTOMÈRES THERMOPLASTIQUES

La firme Monsanto annonce la sortie d'élastomères thermoplastiques Géoplast qui se caractérisent par une grande résistance à l'huile — le taux de gonflement dans les huiles varie de 0 à 15 % selon les grades — tout en offrant les avantages économiques et la facilité de mise en œuvre des thermoplastiques. Après plusieurs années d'essais préliminaires en laboratoire et en usine, le Géoplast est déjà utilisé depuis deux ans pour la fabrication de plus de 300 000 m de tuyaux hydrauliques, prouvant sa résistance aux huiles, graisses et carburants, ce qui le rend particulièrement adapté à de nombreuses applications : joints plats, bagues d'étanchéité dans les installations de forage pétrolier, tuyaux hydrauliques (tubes et couvertures), câbles de commande, tuyaux à essence et joints

d'étanchéité pour automobiles, etc.

Le Géoplast peut être mis en œuvre sur les outils thermoplastiques par injection, soufflage, extension et calandrage. De ce fait les pièces sont fabriquées à des cadences dix fois plus rapides qu'avec les méthodes jusqu'ici connues.

Autres avantages de la mise en œuvre sur les outils pour thermoplastiques : les pièces sortent des moules sans bavures et les tolérances dimensionnelles sont facilement respectées. Les pièces ont des performances parfaitement reproductibles et l'atelier produit moins de rebut. Enfin les gaspillages sont réduits au minimum, le produit pouvant être recyclé et remis en œuvre sans aucune perte de propriétés. Pour tout renseignement : Monsanto Europe, av. de Tervaren, 270-272 B 1150 Bruxelles, tél. (02) 762 11 12.

LES INNOVATIONS ET LES TECHNIQUES ET PROCÉDÉS NOUVEAUX PRÉSENTÉS DANS CETTE RUBRIQUE NE SONT PAS ENCORE EXPLOITÉS SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS. IL S'AGIT D'OPPORTUNITÉS D'AFFAIRES, QUI SEMBLENTE 'BONNES À SAISIR' POUR LES ENTREPRISES INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES FRANÇAISES. COMME L'ENSEMBLE DES ARTICLES DE SCIENCE & VIE, LES INFORMATIONS QUE NOUS SÉLECTIONNONS ICI SONT ÉVIDEMMENT LIBRES DE TOUTE PUBLICITÉ. LES SOCIÉTÉS INTÉRESSÉES SONT PRIÉES D'ÉCRIRE À 'DES MARCHÉS À SAISIR' C/O SCIENCE & VIE, 5 RUE DE LA BAUME, 75008 PARIS, QUI TRANSMETTRA AUX FIRMES, ORGANISMES OU INVENTEURS CONCERNÉS. AUCUN APPEL TÉLÉPHONIQUE NE POURRA ÊTRE PRIS EN CONSIDÉRATION.

## SKI-VOILE



### Quoi

Ce dispositif léger (9,5 kg) réalisé en tube inox plastifié, métal antidérapant — parce que la neige ne reste jamais en surface — et nylon (semelles) se monte à l'aide d'une clef de fixation unique et s'adapte par simple pression aux fixations des skis alpins ou monoskis, permettant ainsi la réalisation d'un engin à voile, sur neige, très rapide (60 km/h).

### Comment

Deux semelles en nylon à pointure variable viennent s'emboîter comme des chaussures entre les butées de

fixation des skis. Ces deux semelles sont reliées par des supports verticaux d'écartements réglables à un plateau surélevé à surface ajourée anti-dérapante. C'est sur ce plateau que vient se placer le "vêliskieur" chaussé de simples boots.

Un gréement de planche à voile standard complète le tout, fixé au plateau par un écrou. Quelques petits — mais importants — aménagements techniques complètent l'ensemble : prise de carres des skis par inclinaison des supports, adjonction de dérives latérales, dispositif neutralisant l'éjection possible des montures. La réalisation du ski-voile repose sur deux principes évidents : d'une part aucun moyen de propulsion sur neige n'est plus élaboré ni efficace que le ski ; d'autre part, la structure élastique de ce dernier (rigidité au centre, souplesse à l'avant et à l'arrière) permet au "vêliskieur" d'infléchir le cours de l'appareil par dé-

placement du corps ou pression des pieds sur le plateau.

Au total, la technique de ce nouveau sport s'apparente à la fois à celle de la planche à voile et à celle du ski alpin. D'une stabilité totale, le ski-voile permet beaucoup d'acrobacies et même la pratique en tandem.

### Pour qui

Depuis peu, une firme californienne propose en France un appareil similaire mais beaucoup plus coûteux et dont les semelles ne sont pas à pointure variable. Le brevet du ski-voile français antérieurise l'appareil américain. L'inventeur cherche à céder son brevet à une entreprise française désireuse de diversifier sa fabrication et d'assurer la diffusion de l'appareil, d'autant que le ski-voile peut donner une ouverture "loisirs d'hiver" à certaines régions plates dégagées, venteuses et à enneigement très moyen mais suffisant pour évoluer.

## NEIGE : MI-SURF, MI-SKATE

### Quoi

Ce nouvel article de sport, à cinq patins, permet de retrouver sur les surfaces enneigées, damées ou poudeuses, toutes les sensations du surf. Il est donc particulièrement adapté aux conditions rencontrées dans les stations de sports d'hiver où les grands champs de neige deviennent de plus en plus rares.

### Comment

L'appareil comporte un support sur lequel l'utilisateur se tient debout, lié à un large patin central de façon à suivre les mouvements de pivotement ou d'inclinaison du corps, et deux couples de patins latéraux parallèles, disposés l'un derrière l'autre, solidaires du support par des liaisons souples comparables à celles utilisées sur les planches à roulettes, pouvant pivoter autour d'un axe horizontal, par rapport aux liaisons souples et présentant des bords incurvés comparables à ceux des skis,

ainsi que des carres extérieures directrices selon la pression qui leur est apportée.

Grâce au dépôt et au décentrage de son poids, l'utilisateur amorce ainsi le virage en faisant pivoter les deux trains de patins latéraux à la manière d'un skate-board, cette première phase d'amorce du virage étant particulièrement importante en neige damée. Dans un deuxième temps, les trains de patins latéraux arrivent en butée, tout le dispositif bascule alors sur la carre intérieure du patin central et sur les deux patins extérieurs au virage. La partie centrale travaille alors essentiellement comme un surf, surtout en neige poudreuse.

La disposition rationnelle de tous les patins permet d'obtenir pour des dimensions faibles (1 m x 32 cm) une surface d'appui équivalente à celle d'une paire de skis de 1,80 m de longueur. Cette particularité supplé-

mentaire ne fait qu'accroître les performances en neige profonde.

### Pour qui

Le dispositif vient d'être breveté internationalement. Il a été conçu par un étudiant en design industriel des Arts décoratifs, également diplômé ingénieur Arts et Métiers, qui cherche à s'associer à une entreprise pour mener à bien le parachèvement et l'industrialisation de ce nouvel article de sports d'hiver.

### Comment passer dans cette rubrique

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance : nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

## APPAREILLAGE MEDICAL

### UN BISTOURI À ULTRASONS

**L'**aspirateur ultrasonique DX-101 présenté par AHS, numéro un mondial du matériel médical et chirurgical (matériels de soins intensifs, matériels à usage unique, appareils d'imagerie médicale, prothèses), avec un chiffre d'affaires de 5,2 milliards de dollars (BP 716, 95004 Cergy-Pontoise, tél. (1) 30 37 92 07), est le premier bistouri à ultrasons permettant de fragmenter puis d'aspirer les tissus qu'il rencontre.

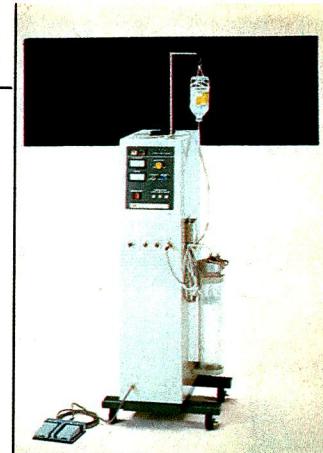
La grande supériorité de cet appareil sur les bistouris à laser tient à l'utilisation des ultrasons qui frag-

mentent les tissus alors que le faisceau laser, aussi perfectionné soit-il, les brûle et endommage ainsi la périphérie des points opératoires.

Le DX-101, dont un exemplaire fonctionne déjà dans un hôpital parisien, est non seulement destiné à la neurochirurgie pour l'ablation de tumeurs difficiles à atteindre, mais également à la gastro-entérologie, à l'hépatologie et même à l'orthopédie de pointe.

En effet, il suffit de faire varier la fréquence des ultrasons pour pouvoir fragmenter des tissus de densités différentes : muscles, aponeuroses, tumeurs, vaisseaux, nerfs et même de l'os. Sa particularité la plus marquante est qu'il peut conserver les tendons, les vaisseaux sanguins, le conduit biliaire, les lymphatiques et les nerfs. On pense même qu'il pourra servir seul pour une intervention : réaliser le trou de trépan de la boîte crânienne, puis fragmenter une tumeur cérébrale.

Ce nouvel appareil chirurgical délivre son énergie oscillatoire par



une pièce à main. Un système d'irrigation incorporé au module de l'appareil alimente en sérum physiologique le champ opératoire avant fragmentation et aspiration des tissus malades.

La vitesse de coupe chirurgicale, l'estimation volumétrique du tissu enlevé, le degré d'hémostase et la précision de profondeur et de surface des fragments de tissu détruits, sont aussi fonction de la densité, de l'énergie et de la durée du contact des ultrasons. Un tel système semble présenter pour la technologie médicale un progrès aussi grand que le passage de l'image radiologique au scanner.

**■ Des chercheurs japonais** sont en train de tester une bactérie qui décompose les fibres, l'amidon, l'azote et les lipides des déchets agricoles pour les rendre comestibles par les animaux. 10 % de l'alimentation des bovins pourraient être ainsi assurés à un coût réduit de moitié. Cette bactérie sera commercialisée sous forme d'un produit microbiologique.

## MONTAGNE

### 3 500 REMONTÉES MÉCANIQUES EN FRANCE

**L**es 433 stations de ski françaises exploitent en moyenne 8 appareils de remontées pour skieurs, soit 3 500 au total, dont 2 741 téléskis, 512 télésièges, 113 télécabines, 52 téléphériques, 14 funiculaires et 4 chemins de fer à crémaillère.

Ce parc représente 18 % du parc mondial et, géographiquement, le plus grand nombre d'appareils se trouve en Savoie (31 %), Haute-Savoie (20 %), Alpes du Sud (18 %), Isère (11 %), Pyrénées (10,8 %). Les autres régions viennent loin derrière, ainsi les massifs Central (3 %), Jurassien (3,3 %) ou Vosgien (2,7 %). En 1970, on ne comptait encore que 1 809 remontées mécaniques (50 en 1945 et 400 en 1960).

L'ensemble de ces remontées (661 km de dénivelé total, débit de 2 425 000 personnes) couvre 2 572 km parcourus par 4,2 millions de skieurs (700 000 étrangers), fai-

sant 44 millions de journées de ski et effectuant 550 millions de passages.

Les investissements des exploitants de remontées mécaniques (652) représentent près de 30 % de leur chiffre d'affaires, la France étant l'un des premiers pays au monde pour les technologies nouvelles en cette matière, et le coût des appareils étant très important : 1,3 MF (million de francs) pour un téléski de 200 m de dénivelé d'une capacité de 900 skieurs/heure ; 3 MF pour un télésiège de 300 m de dénivelé et de même capacité ; 17 MF pour une télécabine de 500 m de dénivelé d'un débit de 1 200 skieurs/heure ; les gros téléphériques pouvant coûter de 25 à 40 MF. A cela s'ajoutent les équipements complémentaires : une chenille de dégivrage coûte ainsi 800 000 F.

Les remontées mécaniques sont le principal employeur dans le monde touristique hivernal avec 3 000 per-

manents et 9 000 saisonniers. 75 % des pisteurs et pisteur-sécuristes sont employés par les entreprises de remontées mécaniques.

Depuis 10 ans, malgré l'augmentation considérable du nombre des appareils et surtout du trafic, le nombre global d'accidents, pour la France entière et pour une année, est stabilisé entre 100 et 200, ce qui représente un risque d'accident pour 4 millions de montées, soit un pour 33 000 skieurs dans l'année, avec moins d'un accident grave pour 50 millions de montées. Deux tiers des accidents et incidents trouvent leur origine dans la faute des usagers.

Le chiffre d'affaires global de la profession est de l'ordre de 2 milliards de francs et pour le skieur, avec un coût moyen à l'hectomètre parcouru de 1,32 F (en diminution constante), les remontées mécaniques représentent environ 10 % de son budget global de séjour.

# CANDIDE PILOTE IMM



## JE N'AVAIS JAMAIS TOUCHE UN

**MANCHE A BALAI**, mais c'est sans appréhension que je mis le contact de mon Macintosh. Il était chargé du logiciel de simulation de vol "Fokker triplane" (1). Insoucieux des risques, je lançai le moteur dont le ronronnement se fit entendre aussitôt...

**M**on engin prit de la vitesse, son nez s'abaissa, découvrant la piste, le hangar et le pylône tels qu'on les voit **figure 1 page 118**. Je mis les gaz à fond (touches shift et "2") et je tirai le manche (déplacement de la souris vers soi)...

Tracté par son hélice, mon Fokker pointa docilement le nez vers le ciel. Par curiosité, j'appuyai sur "Z" et je vis, dans le prolongement exact de l'empennage, la piste que je venais de quitter s'éloigner peu à peu derrière moi... (**figure 2**).

Ce décollage impeccable m'encourageant, je jetai un coup d'œil à droite et à gauche (toujours en appuyant sur des touches du clavier), puis amorçai un virage. Comme il se doit, l'horizon artificiel et l'avion s'inclinèrent ainsi que je le constatai en réactivant la vue arrière **figure 3**.

Ma contemplation du terrain fut de courte durée...

J'avais, par malheur (et par ignorance...), enfreint l'une des lois majeure du pilotage, en voulant manœuvrer avant d'avoir atteint une vitesse et une altitude suffisantes. Mon Fokker se mit en perte de vitesse et partit en vrille. Et tout se termina très mal...

Après une chute rapide pendant laquelle la ligne horizontale, la piste et le ciel tournoyèrent, insensibles à mes réactions désespérées, le choc final fit s'éteindre l'écran.

J'avais perdu la vie et l'avion...

Mais simuler n'est pas jouer. Quelques secondes après, le rassurant spectacle d'un tableau de bord intact se reconstitua devant mes yeux. Le Fokker, moteur au ralenti, roulette au sol, stable sur son train et aussi neuf qu'au sortir de l'usine attendait de nouveau mes ordres.

Il ne me restait plus qu'à faire ce par quoi j'aurai dû commencer: lire attentivement la notice et étudier les instrument

du tableau de bord (**figure 4**). J'appris que l'aérodrome était situé à une altitude de 875 pieds, que je devais constamment surveiller l'altimètre, l'horizon artificiel et le "badin", ce compteur qui affiche la vitesse de l'avion par rapport à celle de l'air.

Je vérifiai la position de la manette de gaz. Je découvris le système de localisation par radio-goniométrie qui me donnait en permanence le cap réel, le cap de destination et la distance. Je compris que je devais constamment les surveiller, tout en jetant de temps en temps un coup d'œil sur le niveau du carburant.

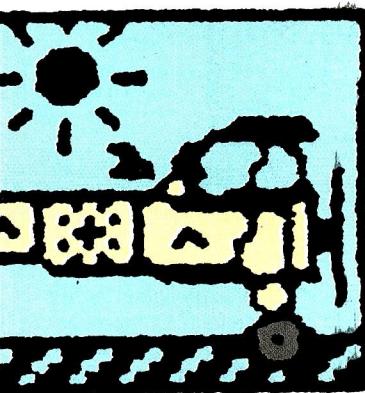
Décoller est relativement simple, mais arrondir une trajectoire, et à plus forte raison, atterrir sans "casser du bois" exige un apprentissage très long et qui peut être coûteux, en vraie grandeur. Ce n'est pas le cas avec ce simulateur de vol sur "micro".

Je recommençai donc un décollage en m'efforçant de prendre une altitude suffisante avant de virer. J'y parvins sans encombre et, au troisième essai, je réussis un atterrissage si convenable que je crus en savoir assez pour me lancer dans un looping...

Curieusement, l'affaire se termina fort bien. Mon coucou supporta aisément la ressource qui

(1) Fokker Triplane de Bullseye Software, et Harrier Strike Mission de Miles Computing que nous décrivons plus loin, sont deux simulateurs de vol sur Macintosh. Nous re-

# OBILE



suivit et cette réussite nourrit dangereusement ma prétention...

Je ne vous raconterai pas dans le détail les séances au cours desquelles je voulus, tour à tour, passer sous un pont métallique (**figure 5**), mitrailler un ballon d'observation ou combattre un ennemi qui avait la fâcheuse habitude de m'ajuster traitreusement par derrière...

Il me fallut un certain temps pour virer en catastrophe en compensant par de subtils mouvements du manche et du palonnier les dérives aérodynamiques et l'inertie qui amplifiaient ou ralentissaient les conséquences de mes gestes.

Mes coups d'œil aux instruments devenaient machinaux et mes corrections d'attitude de plus en plus intuitives. Certes, je ne ressentais physiquement ni les effets de l'accélération ni ceux de la force centrifuge, mais j'en arrivai à "vivre ma trajectoire" et à anticiper les commandes, autrement dit, j'acquis les réflexes d'un pilote chevronné (!).

L'univers de Fokker Triplane a 20 000 miles de côté. Il est borné au nord par des montagnes, traversé par un fleuve enjambé par un pont métallique, sur lequel passe une route pouvant servir de piste de fortune. Plusieurs aérodromes le jalonnent d'où décollent, de temps en temps des aéroplanes amis ou ennemis.

C'est dans cet espace que l'on doit se mouvoir. De nombreuses options sont accessibles permettant de doser la difficulté et soutenir l'intérêt de la simulation. Par exemple, la force et la direction du vent peuvent être fixées ainsi que la hauteur du plafond des nuages. On a le droit de régler la rudesse ou la douceur des commandes. Mieux (ou pire), une option transforme le Fokker en fer à repasser que seuls les "as" sont capables de maîtriser.

Dans ces conditions aucune mission n'est anodine. Nul n'est certain de revenir indemne d'une incursion en territoire ennemi. Bien que les caps absolu et relatif soient affichés en permanence, ainsi que la distance de l'objectif, il n'est pas rare de se perdre en fuyant ou en feignant l'adversaire...

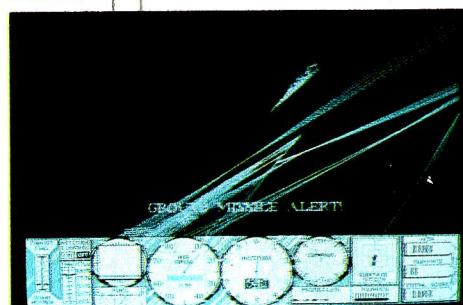
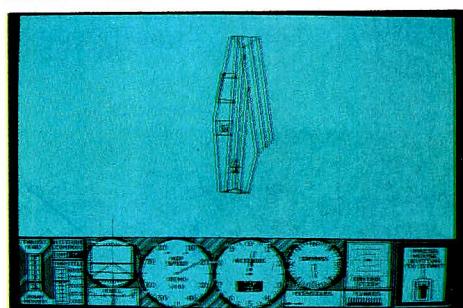
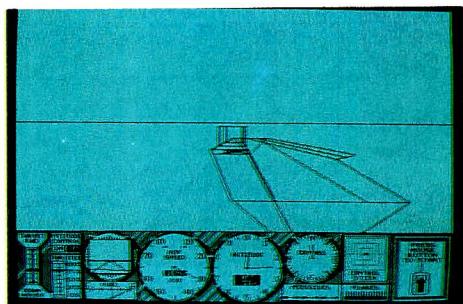
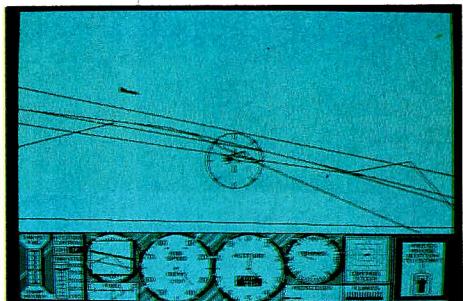
Avec "Harrier Strike Mission", la simulation change radicalement d'époque et le scénario devient surtout guerrier.

Le Harrier est un chasseur supersonique de 13,5 tonnes. Son aptitude à décoller verticalement l'a fait choisir par les marines britanniques et américaines qui l'emploient encore aujourd'hui dans les missions d'interception et d'interdiction. Dans la version proposée, il est armé de deux canons de 30 mm et de trois missiles guidés par infrarouge. En outre, il emporte 16 leurres destinés à tromper les missiles adverses.

Fokker Triplane laissait tout son temps au néophyte. Les attaques de l'ennemi étaient rares. On pouvait donc se familiariser tranquillement avec les finesse du pilotage, voire avec celles de l'acrobatie avant d'aller affronter le Stopwith Camel qui rôde au-dessus du territoire ennemis.

En revanche, dans l'univers d'Harrier Strike Mission, la menace est immédiate et permanente...

Tout commence sur le pont d'un porte-avions. Il faut en décoller sans casse et aller attaquer une île toute proche fortement défendue par des jets agressifs... La mission consiste à détruire la



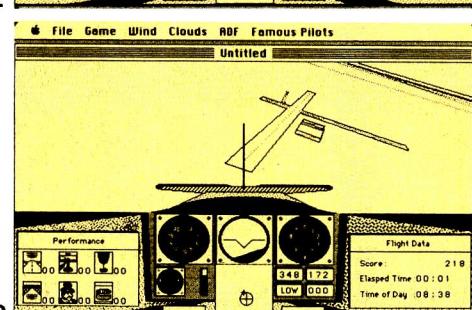
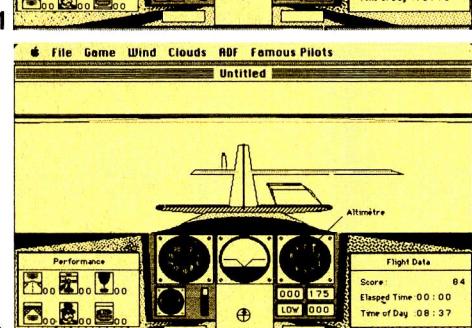
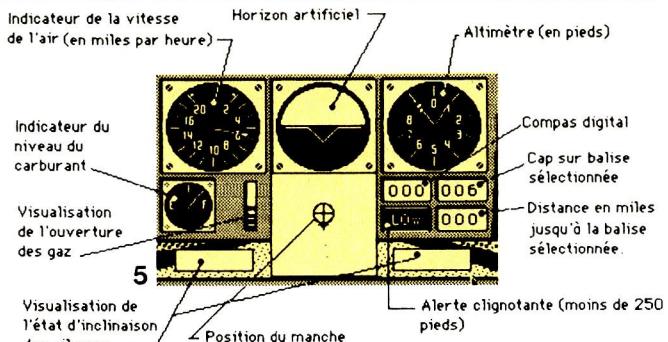
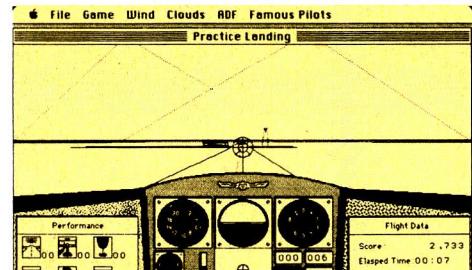
**Sur ces quatre photos d'écran, on peut voir quelques étapes d'une mission effectuée par un chasseur Harrier.**

**a :** déjà parti du porte-avions, le chasseur arrive en vue d'une île ennemie, un avion-cible va bientôt se présenter dans le collimateur. Sur le bas de l'écran on voit le tableau de bord :

**b :** son objectif atteint, le Harrier revient au porte-avions et se prépare aux manœuvres d'apontage ;

**c :** vue plongeante du porte-avions ;

**d :** attaque de nuit.



**Figure 1 :** le Fokker Triplane prend de la vitesse. On distingue sur la gauche le hangar et, à droite, le pylône qui supporte la manche à air. Dans le lointain, deux montagnes barrent l'horizon.

**Figure 2 :** vue arrière. La piste que l'on vient de quitter se présente dans l'alignement de l'empennage.

**Figure 3 :** vue arrière après un virage à gauche commandé au manche (ou au palonnier) via la souris (ou le clavier).

**Figure 4 :** passage sous un pont métallique...

**Figure 5 :** le tableau de bord. Remarquez le collimateur qui matérialise la position instantanée du manche.

chasse ennemie ainsi que diverses cibles terrestres et revenir se poser, intact, sur le pont du vaisseau.

Si, cherchant à vous remémorer les commandes (2), vous tardez trop à décoller, il y a de fortes chances que le radar vous signale en clignotant et la sirène en hurlant que vous êtes déjà visé par un missile fondant sur vous à grande vitesse... Il est alors possible de se défendre en tirant un anti-missile ou bien en lâchant unurre qui trompera l'engin ennemi. Mais ceurre ne doit pas être largué immédiatement après le signal d'alarme, il faut attendre un peu. Faute de quoi, l'engin qui vous poursuit saura atteindre votre tuyère et vous abattra impitoyablement !

**D**ans tous les cas, la qualité graphique est excellente. Comme dans Fokker Triplane, le pilote peut afficher, en temps réel, les quatre aspects du tour d'horizon. Il dispose même d'une commande supplémentaire qui donne le "point de vue du satellite" centré sur l'avion. Naturellement, comme dans Fokker Triplane, ces panoramas sont présentés en temps réel, leurs perspectives se modifiant en fonction de l'attitude, de la vitesse et de l'altitude. Bien que les paysages soient tracés à grands traits et les objets schématisés, le rendu des mouvements donne vite l'illusion de la réalité.

Harrier Strike Mission propose au départ plusieurs options : "dé-

monstration", "débutant", "expert", "vol de nuit" et "exercice". C'est la dernière qui sera bien entendu choisie par le néophyte.

Ainsi que je l'évoquais précédemment, je lui ferai cependant un léger reproche : elle ne permet pas plus que les autres de s'exercer tranquillement hors la menace constante des missiles ennemis. Il serait souhaitable que, dans une version ultérieure, ce logiciel intègre une "école de pilotage" située loin du front où il serait possible de se concentrer, entre autres sur les subtilités des tuyères orientables qui commandent le vol stationnaire.

Mais peut-être pour certains, le danger affûte-t-il les réflexes ?

Comment classer ces excellents logiciels ?

Certes, leur caractère ludique est incontestable et les scénarios qu'ils proposent ne laissent personne indifférent (1).

Mais ils sont aussi autre chose, que les distingue nettement des jeux d'arcades classiques.

Bien qu'ils ne puissent remplacer la sensation ineffable du sol s'effaçant sous le fuselage ni la splendeur d'un vol au-dessus des nuages, ces simulateurs initient sans le moindre risque aux déplacements dans la troisième dimension.

Ils réveillent le pilote qui sommeille chez de nombreux hommes, ou, si vous préférez le jargon des psychanalystes, ils libèrent à bon compte leur complexe d'Icare...

Allez trouvez mieux pour moins cher !



CIGARILLOS EXTRA-FINS

PEINTURE YVARA

# LA COPIE COULEUR GÉANTE

## LA REPRODUCTION EN COULEURS DES

**PLANS, CARTES ET DESSINS** est aujourd'hui possible en grands formats. Souvent un traitement électronique permet de créer ou de modifier les couleurs par interprétation du document original.

**L**'éventail des procédés et des formats de copie en couleurs est aujourd'hui bien plus ouvert qu'en noir et blanc (¹). Les formats en particulier, se sont diversifiés et il est maintenant possible de réaliser des copies mesurant jusqu'à 2,7 x 1 m. Ainsi peut-on copier en couleurs des plans, des cartes, des dessins et des maquettes. Il est même possible de tirer une copie parfaite d'une simple ébauche, la machine reconstituant les couleurs demandées.

Autant dire que les copieurs qui ont de telles possibilités sont très loin de ressembler aux copieurs classiques, même si, comme eux, ils utilisent du papier photographique ou du papier ordinaire. Ces copieurs s'apparentent soit à des tireuses photographiques, soit à des machines d'imprimerie et certains font appel à la microélectronique pour traiter les signaux constitutifs de l'image.

Quatre procédés, que nous avons essayés, se partagent actuellement le marché du grand format en copie couleur: le Chromocolor, le Chromoplan, le Chromoprint-Carto et le Schromoprint. Tous sont actuellement proposés en France par la société Chromographie (²).

**Le Chromoplan** est un procédé

de copie graphique (cartes, plans, schémas...). Il est utilisé par les entreprises, les administrations, les agences de publicité et, plus généralement, par tous les services qui ont besoin de un à quelques centaines de tirages.

Chaque tirage couleur exige la confection d'un calque polyester, film photo, etc. Une qualité optimale est obtenue avec des supports ayant une transparence bien homogène, ce qui signifie que celle-ci doit être exempte de toute texture un tant soit peu marquée, comme par exemple des fibres visibles d'un calque de mauvaise qualité. Le calque sert à réaliser le plan ou le dessin qui sera ensuite copié. Les aplats de couleurs sur ce calque sont réalisés avec des films transparents adhésifs spécialement produits par Mecanorma pour assurer une parfaite reproductibilité du tirage. La gamme complète comprend 28 films adhésifs dans les couleurs usuelles: rouge, jaune, vert, cyan, bleu, magenta et violet. Plusieurs densités sont disponibles dans ces couleurs. Chaque film mesure 470 x 350 mm, ce qui permet éventuellement de couvrir de grandes surfaces.

L'ensemble des aplats doit être d'une parfaite transparence puisque le calque est destiné à être reproduit par contact sur papier photographique, mat ou brillant, mince (135 g/m²) ou

normal (220 g/m²). Tout changement d'échelle est impossible lors de la copie. Les formats Chromoplan s'échelonnent du 21 x 29,7 au 270 x 100 cm.

Le prix du mètre carré, qui est de 302 F pour le tirage d'un seul exemplaire, tombe à 141 F pour un tirage de 100 exemplaires identiques.

**Le Chromoprint-Carto** est assez proche de l'imprimerie. Il permet la confection de cartes et plans polychromes. Les documents originaux peuvent être de quatre types :

- Des cartes ou des plans en couleurs qui sont alors simplement copiés.

- Des calques similaires à ceux des tirages Chromoplan, c'est-à-dire à l'aide de films adhésifs de différentes couleurs. Cette technique donne de bons résultats mais la découpe des films est délicate dès que le document devient un tant soit peu complexe ou que certaines zones de la carte présentent des contours très irréguliers ou de petites dimensions.

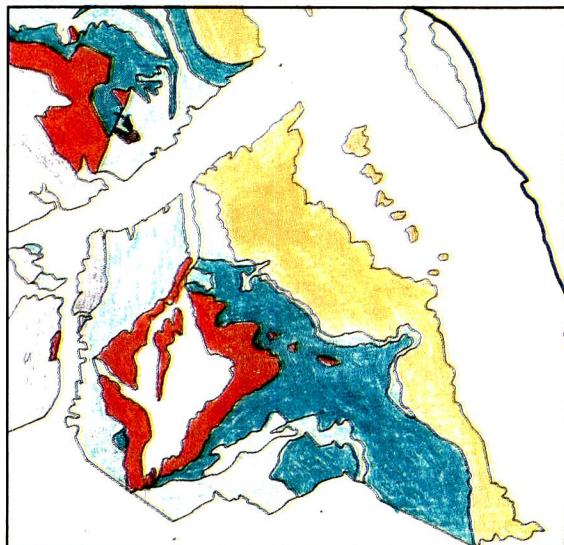
- Une maquette sur papier. Toutes les techniques de mise en couleurs peuvent alors être utilisées séparément ou conjointement: gouache, encres, crayons de couleurs, feutres, films adhésifs opaques, etc.

Avant ces deux derniers types d'originaux, la couleur est sur un support différent de celui du fond de plan, ce qui signifie que les supports choisis doivent être dimensionnellement stables. Cette séparation du dessin du noir de celui des couleurs, permet l'impression de couleurs plus pures (sans noir tramé) et l'impression au trait du noir.

- Coloriage automatique Chromocolor. Avec cette technique, nous le verrons plus loin, les couleurs sont simplement indiquées par l'utilisateur, le système électronique exécutant les ordres. Les copieurs Chromoprint-Carto se font uniquement en deux formats: 63 x 90 et 70 x 100 cm, et uniquement par quantité de 100 et plus pour éviter que les prix soient

(1) Sur la gamme des procédés classiques, voir *Science & Vie*, n° 814 du juillet 1985.

(2) Chromographie, 2 rue du Fer à Moulin, 75005 Paris.



trop élevés. 100 copies  $70 \times 100$  cm coûtent 9 832 F ; prix tombant à 15 300 F pour 2 000 exemplaires. Les tirages sont effectués sur deux sortes de papiers : un papier couché brillant de 135 gr/m<sup>2</sup> et un papier offset 110 gr/m<sup>2</sup> de surface mate. Le procédé permet même certaines petites éditions. Ainsi, les auteurs de bandes dessinées peuvent-ils obtenir d'excellents tirages par Chromoprint-Carto.

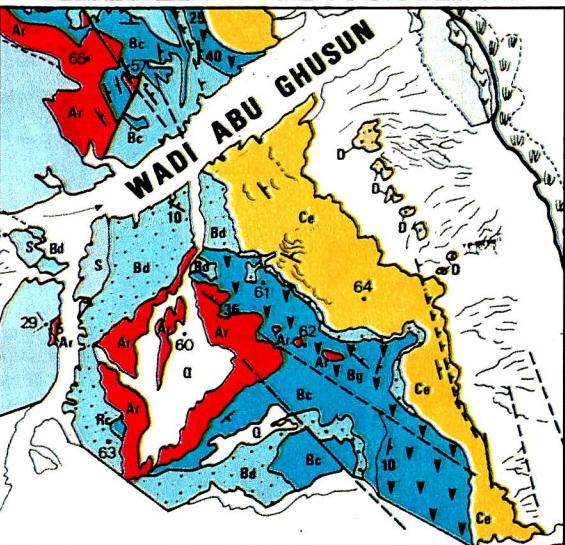
**Le Chromoprint** est un procédé de copie couleurs comparable à l'offset. Il fait donc appel à une sélection de trois couleurs fondamentales et à la confection d'une forme d'impression. Le système optique permet la réduction ou l'agrandissement du format, dans les limites de 1/4 à 3 x. N'importe quel original de 1 x 2 m au plus en couleurs peut être reproduit. Les formats de copies s'échelonnent de 21 x 29,7 cm à 70 x 100 cm. Il est donc possible de travailler en recto-verso. Le Chromoprint n'est rentable qu'à partir d'une centaine de copies. Les prix sont tributaires du format et peuvent tomber à moins de 5 F pièce.

Nous avons observé que le rendu des couleurs est excellent à la condition d'éviter les bleus et les verts trop foncés, ainsi que les couleurs fluorescentes qui ont tendance à s'assombrir au tirage.

Les nuances trop délicates sont également perdues.

**Le Chromocolor** permet le coloriage automatique des cartes, directement à partir du tracé des contours. Cette technique convient chaque fois que le document est constitué d'une multitude de plages aux contours irréguliers dont certaines peuvent ne pas dépasser quelques millimètres carrés. Toutes les nuances pouvant être obtenues, le nombre de couleurs utilisables sur un même document, est illimité. Toutefois, il faut se méfier d'un foisonnement qui peut créer des difficultés de lecture. Il est donc préférable, en règle générale, de ne pas aller au-delà de 15 couleurs.

Le procédé Chromocolor fait appel à des traitements combinant des techniques photographiques et informatiques. En particulier un micro-ordinateur est connecté à une tête de saisie optique qui enregistre l'information couleur. Celle-ci est ensuite soit impressionnée photographiquement, soit utilisée dans un procédé d'imprimerie comme le Chromoprint. Le premier stade de la mise en couleur d'un dessin ou d'une carte, consiste à tracer leurs contours. Ce tracé peut être fait sur n'importe quel support, mais il est préférable d'utiliser un calque dans le cas



de fonds de plan très chargés.

Les indications de coloriage pour chaque zone peuvent être données par un point de couleurs, une lettre, un symbole, etc., qui constituent l'information de saisie. Mais la méthode la plus sûre consiste à colorier (crayons ou feutre) un tirage contre-calque en précisant les nuances exactes à partir d'une gamme de couleur normalisée (Pantone ou autre). Le traitement informatique procure une finition parfaite à partir d'un schéma sommairement colorié.

Le procédé Chromocolor a été développé pour le coloriage des cartes mais il trouve également des applications dans la mise en couleurs de n'importe quel dessin. Les copies peuvent être tirées selon plusieurs procédés :

- Sur papier photographique pour les petites séries jusqu'au format 270 x 100 cm.
- Sur tout papier par impression Chromoprint en format 63 x 90, 70 x 100 et 80 x 120 cm.
- Sur transparent de rétroposition.

Le prix de mise en couleurs est fonction de la complexité du travail à effectuer et de la surface du document à colorier. Une portion de carte assez complexe revient à environ 1 000 F en format 280 x 380 mm, ce qui met le centimètre carré à un peu moins de 1 F.

**Avec le procédé chromocolor, un simple crayonné sur l'original (à gauche) suffit pour que la couleur soit enregistrée par l'appareil, étendue sur les surfaces délimitées par les traits et obtenir le résultat voulu (à droite).**

## LE MIROIR TRIRECTANGLE OU CATAPHOTE

**P**arce qu'il ignorait complètement la technologie qui permet d'argenter ou d'aluminiser le verre, Narcisse, fils du fleuve Céphise, n'avait d'autre miroir que les eaux d'une fontaine. Il devait être fort joli garçon puisqu'il se laissa séduire par son propre reflet au point de se jeter dans l'eau, pour se trouver métamorphosé en une fleur jaune dont la forme la plus courante n'est autre que le coucou. Ajoutons que la fontaine devait être limpide et l'éclairage bien dosé, car le pouvoir réflecteur de l'eau n'est intéressant que sous des incidences rasantes, ce qui n'est pas le cas quand on veut se mirer dedans.

De la légende antique, il faut surtout retenir que pendant des millénaires les hommes ont vécu sans jamais voir leur propre visage autrement que dans le reflet mobile des étangs. Les femmes constituent un cas à part, car elles ont toujours eu l'habitude de se contempler dans le regard plus ou moins attentif, aimable ou passionné des hommes. Certaines ne font même que cela, et les lois de la réflexion des ondes électromagnétiques ne les intéressent que dans la mesure où le miroir peut venir confirmer leurs impressions.

Comme elles en ont tout de même besoin pour se pomponner, les premiers artisans qui ont eu l'idée de polir l'or, l'argent ou le bronze et de mettre le produit fini sur une coiffeuse ont vite fait fortune en drachmes ou en sesterces. Pendant très longtemps, le métal poli resta la seule glace dont pouvaient disposer les riches familles en Egypte, en Grèce, en Germanie ou en Gaule.

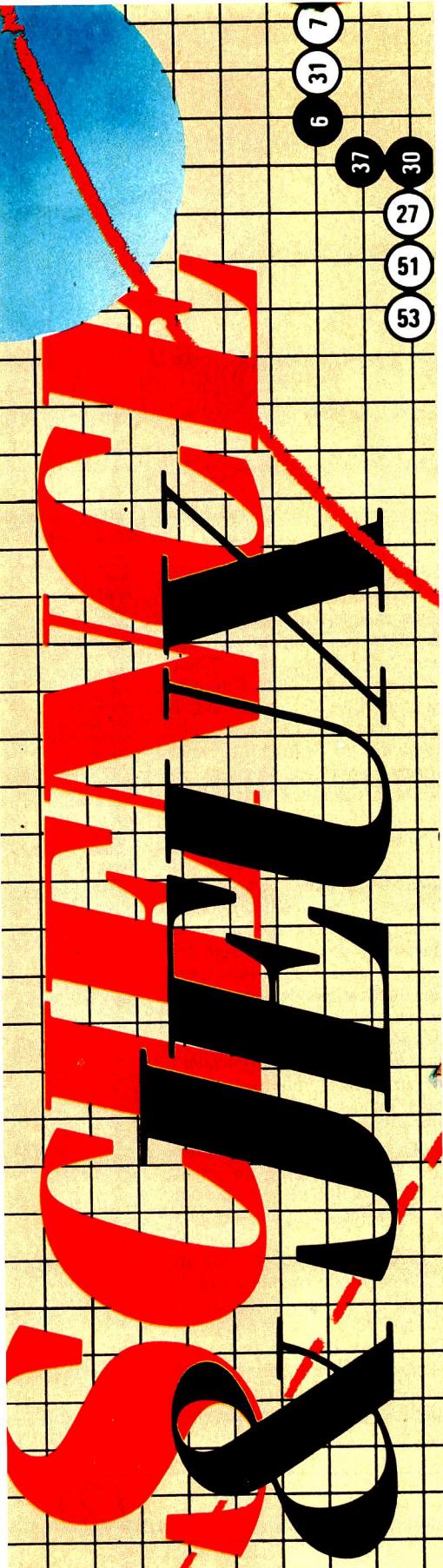
C'était d'ailleurs des objets de luxe, et la miroiterie restera une spécialité très coûteuse jusqu'à l'avènement de l'ère industrielle. Aujourd'hui, la qualité moyenne — qui aurait paru divine il y a deux siècles — est à la portée de tous mais un vrai miroir aux normes industrielles ou laboratoire reste remarquablement cher. Ne parlons même pas des miroirs concaves ou convexes à usage astronomique dont la valeur est pratiquement inestimable. Ceci revient à dire que cet objet qui nous paraît bien banal a des usages scientifiques et techniques de très haut niveau, comme la télémetrie, l'émission laser, l'astrophysique ou le contrôle optique des dimensions.

A ce niveau, un miroir n'est plus fatallement un mince film métallique déposé sur une surface parfaitement polie car il peut être aussi taillé dans un bloc de verre parfaitement transparent, sans la moindre trace de métal.

Pour être juste, la réflexion, en optique, couvre des chapitres entiers dont la lecture est loin d'être simple puisqu'elle relève de l'électromagnétisme et de la mécanique quantique. Pour notre montage à trois miroirs, nous n'aurons pas besoin d'aller si loin, mais il faut tout de même connaître un peu les lois de la réflexion pour en comprendre le principe. Bien qu'elles aient été en principe connues à Alexandrie dès le deuxième siècle av. J.-C., leur formulation complète et précise devra attendre Descartes en l'année 1620.

Le propre des ondes lumineuses — et même de celles qui ne le sont pas, comme les ondes radio ou les rayons  $\gamma$  —, c'est de rebondir sur une surface polie, comme une bille rebondit sur une surface dure : si la chute de la bille ou de la lumière est perpendiculaire à la zone plate, elle repart en sens inverse suivant la même perpendiculaire. Et si, cas général, elle arrive sous un angle quelconque, elle repart de l'autre côté de la verticale du point d'impact et dans une direction telle que son angle de rebond par rapport à cette verticale est égal à l'angle d'arrivée — ou, ce qui revient au même, les deux angles par rapport au plan de la surface sont égaux et coplanaires.

Ce fait, qui caractérise le rebond élastique, s'applique donc aussi à la lumière. Précisons tout de suite que le choc élastique, en mécanique, s'applique uniquement à des billes très dures arrivant sur une surface tout aussi dure, le coefficient de frottement entre les deux étant nul. En pratique, seules des billes de verre ou d'acier tombant sur des blocs parfaitement polis de même matière répondent assez bien à cette loi (une bille d'acier tombant sur un bloc de verre peut rebondir une centaine de fois). Mais le principe de l'égalité des angles d'incidence et de réflexion ne s'applique pas au tennis, ni au ping-pong, car les balles ont un coefficient de frottement très différent de zéro, et en plus elles ont très souvent une



rotation, ou effet, qui modifie considérablement l'angle du rebond.

Cette analogie entre rebond élastique et réflexion lumineuse devait amener Newton, à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, à considérer la lumière comme produite par des particules extrêmement légères émises par la source et projetées en ligne droite ; cette hypothèse rendait très bien compte du fait que la lumière se propage dans le vide, mais elle n'expliquait pas les phénomènes de réfraction et d'interférences ; ceux-là, par contre, montraient une très nette similitude avec des processus propres aux ondes sonores.

Aussi la théorie ondulatoire de la lumière, déjà proposée par Huyghens au temps de Newton, s'imposa nettement après les travaux de Fresnel au début du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais il fallut pour cela admettre l'existence d'un milieu hypothétique qui remplirait tout l'espace, l'éther. Plus tard, Hertz, confirmant les travaux de Maxwell, montra qu'il y avait identité entre les ondes électromagnétiques et les ondes lumineuses : autrement dit, la lumière est constituée par la propagation simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique. La plupart des effets de la lumière sont attribuables au vecteur électrique, mais le champ magnétique, qui lui est associé et lui est perpendiculaire, produit également certains effets.

Actuellement, la théorie attribue à la lumière la dualité ondes-corpuscules dans le cadre formalisé de la mécanique ondulatoire ou celui, plus général, de la mécanique quantique. Nous n'irons pas jusque-là, mais il faut considérer que la lumière n'est qu'une partie des ondes électromagnétiques dont la gamme va des rayons gamma (haute fréquence) aux ondes radio (basse fréquence).

Pour comprendre pourquoi une feuille d'aluminium réfléchit si bien la lumière qu'on peut en faire un miroir — alors qu'on n'obtiendra jamais le même résultat avec une planche de sapin — il faut donc garder à l'esprit que la lumière est faite de deux champs oscillants, l'un électrique et l'autre magnétique.

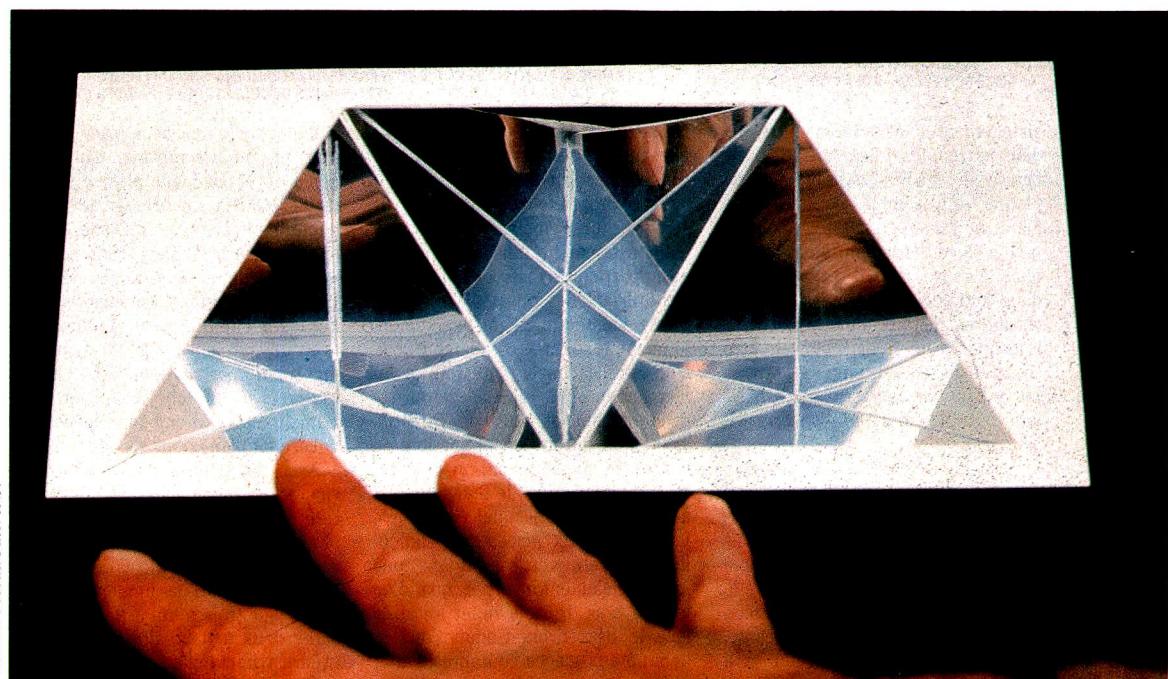
Il en découle très naturellement que la rencontre de ces ondes et d'un matériau quelconque va dépendre des propriétés électriques et magnétiques de ce milieu ; un miroir de poche, un reflet sur un pare-chocs, c'est déjà de l'électromagnétisme au niveau le plus élevé. Les matériaux transparents sous une épaisseur normale (plus du millimètre) sont toujours des isolants. Inversement, les matériaux qui conduisent le courant sont, dans les mêmes conditions d'épaisseur, opaques et possèdent l'éclat métallique — mais la réciproque n'est pas vraie : un pneu est opaque et isolant. De même, sous des

épaisseurs très faibles — millième de millimètre ou moins — les métaux laissent faiblement passer la lumière : par transparence, l'or laisse diffuser une lueur verte, et l'argent une lueur bleue.

Inversement l'expérience montre que le verre, isolant et transparent, peut sous certaines incidences réfléchir la lumière aussi bien qu'un métal — cas de la réflexion totale. Il est donc fort difficile de tracer une barrière nette entre matériaux opaques et matériaux transparents. Pour la théorie électromagnétique de la lumière, les faits d'expérience (angle d'incidence = angle de réflexion, réfraction avec  $\sin i = n \cdot \sin r$ , etc.) s'expliquent en termes de conductivité, perméabilité magnétique et permittivité électrique du milieu étudié. On associe à ces grandeurs, en fonction de la fréquence de l'onde lumineuse, un indice de réfraction  $n$  et un indice d'absorption  $k$ . Quel que soit le milieu, il y a toujours une partie du rayonnement qui pénètre et une partie qui est réfléchie.

L'expérience montre que le facteur de réflexion (rapport entre le flux lumineux incident et le flux reflété) varie à la fois avec la nature du métal testé et avec la longueur d'onde du faisceau lumineux utilisé. Si on considère le spectre visible qui va de 0,4  $\mu\text{m}$  pour le violet très sombre à 0,8  $\mu\text{m}$  pour le rouge très foncé, on

*Quelle que soit la position du photographe et de son appareil, son image apparaîtra toujours dans chacun des trois miroirs en pyramide.*



constate que le métal ayant le meilleur pouvoir réflecteur est l'argent : de 90 % dans le violet à 97 % dans le rouge ; l'aluminium vient juste après, avec un facteur de réflexion allant de 85 % à 90 % (mais il est supérieur à l'argent dans l'ultraviolet, ce qui explique son usage pour les miroirs de télescope) ; les glaces du commerce sont faites de verre aluminisé.

D'autres métaux, comme l'or et le cuivre (les deux seuls métaux colorés qu'offre la nature), accusent un

l'ombre projetée contre un mur pour retrouver la même bizarrerie ; mais tout le monde admet que l'ombre d'une personne n'est que le profil de cette personne vue de dos, alors qu'il en va de même avec le miroir : nous ne voyons qu'une ombre, c'est-à-dire une figure à deux dimensions, mais sur laquelle sont dessinés des yeux, un nez, une bouche, deux tétons et deux pieds.

Serions-nous infiniment minces et transparents que l'image resterait la même. En fait, celle-ci est symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir, lequel ne marque aucune préférence à retourner droite-gauche et non haut-bas. C'est parce que notre corps est (à peu près) symétrique par rapport à la verticale, et que celle-ci représente un champ de force dirigé vers le bas, que nous avons la sensation d'être retournés. Un être complètement dissymé-

trique, muni de sept yeux et placé en apesanteur se trouverait, lui, retourné dans tous les sens.

Ces propriétés et celles des miroirs cylindriques ou sphériques ont été exploitées de tous temps dans les parcs d'attraction. Mais tous ces dispositifs conservent un point commun : on ne se voit dans la glace que quand on est juste devant. Et si on y voit la tête de quelqu'un d'autre, celui-là réciproquement voit notre visage — mais par contre on peut très bien voir les pieds d'une autre personne sans que celle-là voit rien de nous. Ce qui est plus intéressant, c'est qu'en assemblant trois miroirs perpendiculaires deux à deux, on réalise un ensemble réflecteur qui nous renvoie notre image, inversée d'ailleurs, même quand on est de côté ; il y a évidemment une limite, et il ne faut pas être complètement à droite ou à gauche du système, et encore moins derrière.

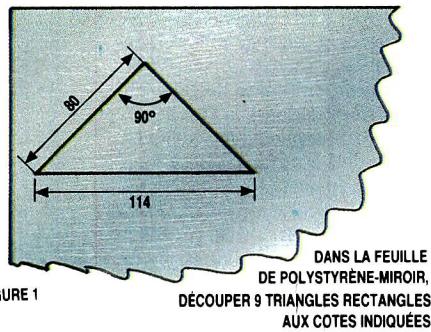
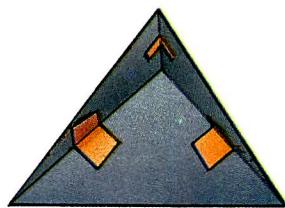
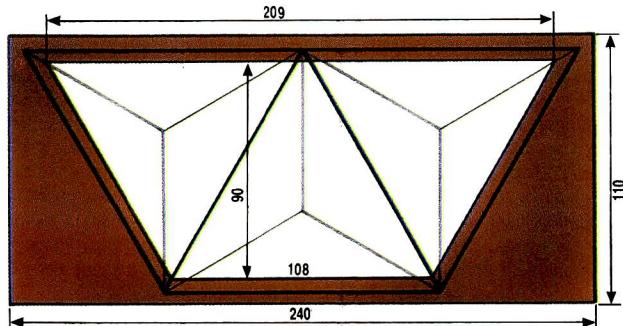


FIGURE 1

FIGURE 2  
ASSEMBLAGE DES PYRAMIDES  
(FACE RÉFLÉCHISSANTE À L'INTÉRIEUR)FIGURE 3  
PANNEAU AVANT, LES COTES INTÉRIEURES ET EXTÉRIEURES SONT CHIFFRÉES,  
LES TRAITS ÉPAIS INDIQUENT LES EMPLACEMENTS DE COLLAGE DES PYRAMIDES

changement considérable entre les deux extrémités du spectre : de 50 % dans le violet à 96 % dans le rouge. Le platine, qui semble pourtant très blanc, ne renvoie que 60 % du violet pour s'élever lentement jusqu'à 70 % dans le rouge, mais il reste très bon dans l'ultraviolet extrême, là où tous les autres métaux sont faibles. Notons que les apparences peuvent être trompeuses : le chrome, synonyme de brillant, ne dépasse guère 55 % sur toute l'étendue du spectre visible.

Dans la vie courante, le paradoxe du miroir ne réside pas tant dans son pouvoir réflecteur que dans son pouvoir inverseur : tout le monde sait que l'image dans la glace semble lever le bras gauche quand on lève le bras droit, alors que la tête reste bien en haut et les pieds en bas. En réalité, il s'agit d'une parfaite illusion, et il suffirait de dessiner deux yeux sur

trique, muni de sept yeux et placé en apesanteur se trouverait, lui, retourné dans tous les sens.

Cette propriété qu'à tout miroir, de renvoyer un symétrique de l'objet, est constamment utilisée en optique, et en particulier dans les jumelles — qui utilisent des prismes à réflexion totale mais donneraient exactement le même résultat avec quatre glaces. Une lentille convergente fournit effectivement une image retournée droite-gauche et haut-bas. En utilisant deux miroirs en projection, ou quatre en transmission, on peut remettre l'image dans le bon sens. Par contre, utilisé tel quel, le couple formé de deux glaces perpendiculaires d'arête verticale donne une image réellement inversée : quand on lève le bras droit, le reflet lui aussi lève le bras droit. Comme on est habitué aux glaces courantes, l'effet paraît curieux car, quand on bouge

Il en résulte que, si on place sur un mur un tel assemblage, dans une pièce où se tiennent plusieurs personnes tenant un briquet allumé à hauteur du visage, chacune verra dans le miroir, l'image de la source qu'elle tient, et seulement celle-là. L'explication du phénomène découle des lois géométriques de la réflexion : avec un miroir, l'image est symétrique par rapport au plan défini par ce miroir, et il faut donc se trouver face à lui (c'est-à-dire sur une perpendiculaire au plan) pour s'y voir.

Avec deux miroirs à angle droit, l'image est symétrique par rapport à l'arête commune : le champ est déjà plus large puisqu'il suffit de se trouver sur une perpendiculaire à cette arête. Et quand la lumière se réfléchit sur trois miroirs perpendiculaires deux à deux qui forment un triangle trirectangle, les images d'un objet sont symétriques par rapport

au sommet du trièdre, donc par rapport à un point. Il en découle que, du moment où aucun obstacle ne nous cache ce point, il existe une droite allant de nous à lui et sur laquelle se trouve aussi le reflet. Le seul obstacle qui puisse nous cacher le sommet, c'est évidemment l'un des miroirs ; tant qu'on se trouve à l'intérieur du trièdre — ou de son prolongement dans l'espace — on se voit dans ce tri-miroir.

Donc, quelle que soit l'orientation du trièdre, du moment où on est dans la pyramide fictive qu'il forme par ses trois faces, on se voit dedans. On y voit de même toute source de lumière tenue proche du corps. Cette propriété est utilisée dans les cataphotes, dispositifs formés d'une mosaïque de petits miroirs en trièdre dont tous les axes sont parallèles. Quand on éclaire ce dispositif avec les phares d'une voiture, la lumière

chaussée, moitié sur l'accotement.

Avec le rétroviseur, c'est le seul jeu de miroirs que la loi rende obligatoire ; pour le reste, personne n'est forcée d'en mettre chez soi. Mais le cataphote a une telle importance pour la sécurité routière, et il est un si bel exemple de symétries parfaitement géométriques, qu'il nous a paru intéressant d'en reprendre la construction. Le modèle présenté a été conçu par Pierre Courbier à partir de polystyrène métallisé qui nous a semblé répondre parfaitement aux impératifs que nous nous sommes fixés depuis toujours dans cette rubrique : une construction à la portée de tous, facile, rapide, et n'exigeant qu'un minimum d'outillage.

De plus, ce matériau s'intègre aisément à la technique hobbystyrène ; il se coupe et se colle beaucoup plus facilement que le miroir en verre, mais en contrepartie il est moins

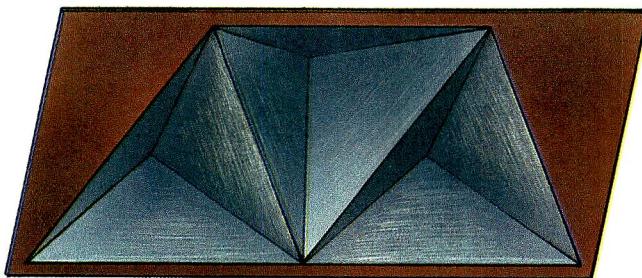


FIGURE 4  
CATAPHOTE TERMINÉ

est réfléchie dans la direction du véhicule, et dans celle-là seulement, même s'il est nettement oblique par rapport au panneau de cataphotes. La pyramide à trois faces rectangulaires était largement évasée, il faudrait vraiment se trouver complètement de côté pour ne pas recevoir l'image. On sait que ce montage est absolument courant sur les routes et sur les voitures, et il permet de rendre visible la présence d'un obstacle ou d'un signal dès que celui-ci est dans le faisceau d'un projecteur.

La zone d'efficacité du cataphote étant très ouverte, le panneau reste visible pour toutes les voitures, quelle que soit leur place sur la route, et aussi pour celles qui arriveraient d'un chemin oblique. Les mêmes cataphotes permettent de repérer le cycliste sans lumière, qui ondule sur la route au sortir du bistrot, ou la voiture garée de travers moitié sur la

brillant, moins réfléchissant. Ceux qui savent tailler le verre pourront l'utiliser, le plan et l'assemblage restant les mêmes ; seule change la colle. Notre montage comporte trois trièdres, ce qui est plus démonstratif pour les effets lumineux, mais un seul élément suffit pour constater que l'image renvoyée reste identique quand on change l'orientation.

Le matériel à réunir est le suivant :

- polystyrène-choc métallisé
- polystyrène-choc de 2 mm d'épaisseur.

Ajoutons les outils habituels : colle Uhu-Plast, trichloréthylène, cutter X-Acto muni d'une lame courbe n° 28, règle métallique, papier adhésif, crayon, gomme, etc.

Pour vous procurer le polystyrène métallisé et normal de 2 mm, vous pouvez écrire à : Pierron Entreprise S.A., 4 rue Gutenberg, 57206 Sarreguemines, qui se chargera de l'expé-

dition, franco de port, pour le prix de 32,50 francs.

Notre cataphote est donc formé de trois cellules pyramidales de dimensions moyennes dont les trois faces sont des triangles rectangles. On commencera par tracer, marquer et découper les neuf triangles comme indiqué **figure 1**. Le polystyrène miroir est assez fragile ; sa texture oblige à le marquer au cutter sur son côté métallisé (recto). En effet, si on marque le verso, la pellicule métallisée se détache au moment de la rupture.

La découpe terminée, on assemblera par collage les trois pyramides en se reportant à la **figure 2** ; les angles droits sont au sommet et le recto réfléchissant à l'intérieur. Pour

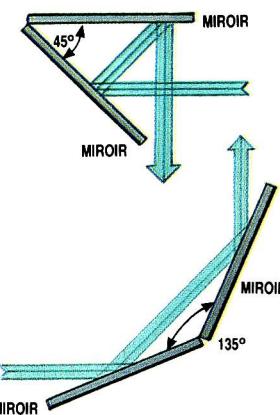


FIGURE 5  
DEUX DISPOSITIONS  
REMARQUABLES DE MIROIRS

ce faire, on emploiera de la colle genre Uhu-Plast et non pas du trichloréthylène. On renforcera le collage par des petits morceaux de ruban adhésif disposés sur les arêtes.

Il restera à confectionner le panneau avant aux cotes données **figure 3** ; il est découpé dans une plaque de polystyrène ordinaire de 2 mm d'épaisseur. La fenêtre, de forme trapézoïdale, s'obtiendra par rupture avec des pinces universelles en suivant un sillon plus profond qu'à l'ordinaire et dont le tracé sera particulièrement soigné. On a intérêt à la prolonger d'un millimètre environ dans les angles afin de faciliter une rupture franche.

Avant de découper, on tracera l'emplacement de collage des bases des trois pyramides, lesquelles seront enfin collées, mais toujours avec de la colle type Uhu-Plast. Après séchage, on repassera un fillet de

colle sur les lignes de jonction afin d'assurer la solidité de l'assemblage. Le cataphote terminé se présentera alors comme sur la **figure 4**.

Les cataphotes, qui signalent l'arrière des véhicules ou les obstacles sur la route, sont constitués de nombreuses cellules réfléchissantes de petites dimensions ; lorsqu'ils nous renvoient la lumière émise par les phares, nous ne percevons à distance qu'une seule tache lumineuse, en général de couleur rouge. Le nôtre, pour des raisons de simplicité de fabrication, ne comporte que trois pyramides élémentaires. Son facteur diffusant est donc moindre, mais il n'en perd pas pour autant sa valeur démonstrative.

Pour le mettre en évidence, on commence par se regarder dans l'une ou l'autre des trois cellules ; la seule image intéressante est celle qui se forme au centre, tout au fond de la pyramide. On ne voit que son œil, complètement inversé droite-gauche et haut-bas ; on notera qu'on continue à voir son propre œil même si l'on oriente la pyramide dans une direction autre que celle de notre visage. Bien sûr, comme nous le disions précédemment, il ne faut pas la mettre complètement de côté, mais son ouverture est assez large pour des orientations très différentes — on notera sans peine que la limite d'observation est celle où l'on commence à voir l'un des miroirs par la tranche.

Le second effet est celui qui est utilisé également dès la tombée du jour ; pour le mettre en évidence, on se placera dans un endroit peu éclairé et on posera le montage sur la table. En tenant une lampe de poche devant le visage, on dirigera son faisceau vers le dispositif et on observera que les rayons nous reviennent dans les yeux, même si l'on se déplace, avec la source lumineuse, horizontalement ou verticalement.

Conformément aux lois de la réflexion, tant qu'on reste à l'intérieur de la pyramide fictive formée par le prolongement des trois faces de l'une des petites pyramides en polystyrène métallisé, les rayons réfléchis reviennent en direction de la source et rencontrent donc notre regard. C'est ainsi que le cataphote nous révèle les obstacles. Consacrer une rubrique à ce modeste dispositif n'est que justice rendue à l'optique quand on songe aux nombres de collisions nocturnes qu'il a empêchées.

Renaud de LA TAILLE  $\Delta$

## LA MÉTHODE DE BAIRSTOW

**L**a dernière fois, nous abordions le domaine des nombres complexes, et nous mettions à la disposition des lecteurs un programme de base traitant les diverses opérations élémentaires que l'on peut effectuer sur ces nombres telles que la somme, le produit, le logarithme, les fonctions trigonométriques, etc.

Pour ne pas changer tout à fait de sujet, voici maintenant une méthode facilement programmable sur ordinateur, capable — sans trop de restriction d'emploi — de trouver tous les zéros d'un polynôme à coefficients réels, ces zéros pouvant être réels ou complexes. Le programme de ce mois prétend ainsi résoudre un problème célèbre et dont l'origine se perd dans des profondeurs moyenâgeuses. Précisons-en les données :

$a_0, a_1, \dots, a_n$  étant  $n + 1$  nombres réels et  $x$  une variable réelle,  $P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$  est un polynôme de degré  $n$  en  $x$ . Toute valeur  $x_1$  de  $x$  telle que  $P(x_1) = 0$  est appelée racine (ou zéro) de ce polynôme.

La théorie des polynômes est abordée dès le 1<sup>er</sup> cycle d'études secondaires, et développée jusqu'à la Terminale. Mais faire de la théorie est une chose, résoudre des problèmes en est une autre. Ainsi, les polynômes de degré 1, qui s'écrivent  $P(x) = ax + b$ , se factorisent dès la classe de quatrième, en notant  $P(x) = a(x + b/a)$ , ce qui a pour effet de mettre en évidence la racine  $x_1 = -b/a$ . Il faut cependant attendre la Première pour s'attaquer à la résolution de l'équation du second degré ( $n = 2$ ) :

$$ax^2 + bx + c = 0,$$

ce qui, avec notre notation, équivaut à :

$$a_0 x^2 + a_1 x + a_2 = 0.$$

Encore la résolution ne se fait-elle que si le discriminant  $\Delta = b^2 - 4ac$  est  $\geq 0$ , le cas contraire étant traité dans l'année du bac. Dans les deux cas, notre polynôme se factorise sous la forme  $a(x - x_1)(x - x_2)$ ,  $x_1$  et  $x_2$  étant des nombres réels si  $\Delta \geq 0$ , complexes si  $\Delta < 0$ , avec alors  $x_1$  de la forme  $p + iq$ , et  $x_2 = p - iq$  ( $x_1$  et  $x_2$  sont alors appelés complexes conjugués, car leurs parties imaginaires sont de signes opposés).

Malheureusement, l'étude de l'équation — de degré 3 —  $ax^3 + bx^2$

$+ cx + d = 0$  n'est abordée au lycée que pour des cas particuliers, et rares sont également les élèves des classes de Math-Sup, Math-Spé — futurs ingénieurs — qui étudient sa résolution.

En fait, cela n'est pas nécessaire. Le plus pauvre des formulaires de mathématiques, n'importe quel aide-mémoire de l'ingénieur un peu sérieux donnent la solution de l'équation  $x^3 + px + q = 0$  (1), forme réduite de l'égalité précédente. Par ailleurs, si l'équation de degré 3 et celles de plus haut degré (irrésolubles directement dès que  $n > 5$  comme l'a démontré Evariste Galois) sont indéniablement utiles à la science d'aujourd'hui, c'est que précisément l'ordinateur et les mathématiques appliquées sont là pour assister le chercheur, et nous allons voir maintenant comment s'applique la méthode de Bairstow, couramment utilisée pour cette application. De ce fait, cette procédure utilise à son tour la méthode de Newton-Raphson qui résout par itération les systèmes d'équations quelconques de  $n$  équations à  $n$  inconnues, tels le système :

$$\begin{cases} 2x^2 - xy - 5x + 1 = 0 \\ x + 3 \log(x) - y^2 = 0 \end{cases}$$

dont les équations ne sont pas linéaires et ne relèvent donc pas des méthodes de l'algèbre linéaire. Un exemple de cas particulier comportant 1 équation et 1 inconnue a été publié dans notre dernier numéro de novembre, le problème résolu par la méthode de Newton-Raphson (ou de Newton, selon les goûts) étant de rechercher le pH d'une solution aqueuse.

La méthode de Bairstow considère le polynôme de degré  $n$   $P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0$  et cherche à le décomposer sous la forme  $P(x) = (x^2 - sx + p) Q(x) + r_0(x - s) + r_1$ , où  $Q$  est de degré  $n-2$  et  $r_0 = r_1 = 0$  pour un couple  $(s, p)$  bien choisi. A partir de là,  $P(x)$  pourra s'écrire  $(x^2 - sx + p) Q(x)$ ,  $x^2 - sx + p$  possédant deux racines.  $Q(x)$  pourra à son tour être décomposé de la même manière en un trinôme de la forme  $(x^2 - s'x + p')Q'(x)$ , où  $Q'$  est de degré  $n-4$ , etc. Fatalement, arrivera un moment où ne restera plus qu'un polynôme  $Q^{(m)}(x)$  de degré 1 ou 2, immédiatement résoluble par les moyens classiques.

L'algorithme qui suit consiste, en gros, à partir d'un couple  $(s_0, p_0)$  initial quelconque, à trouver de proche en proche, après quelques itérations, un couple  $(s, p)$  tel que  $(x^2$

(1) *Science & Vie* non plus n'est pas en reste : la solution générale de l'équation  $x^3 + px + q = 0$  a été publiée dans le numéro de février 1980.

```

10 REM PROGRAMME RECHERCHANT LES ZEROS D'UN POLYNOME A COEFFICIENTS REELS PAR LA METHODE DE BAIRSTOW
20 REM
30 HOME : VTAB 5: PRINT "**** FACTORISATION D'UN POLYNOME A COEFFICIENTS REELS (METHODE DE BAIRSTOW) ****": PRINT : PRINT
40 INPUT "QUEL EST LE DEGRE DE VOTRE POLYNOME ? ";N
50 DIM A(N),B(N),SIG(N),REEL(N),IMAGI(N):N1 = N
60 HOME : PRINT "ENTREE DES COEFFICIENTS ":" PRINT : PRINT
70 FOR I = N TO 0 STEP - 1
80 PRINT : PRINT " COEFFICIENT DE X ^ " ;I;: INPUT " = ? ";AN
90 A(N - I) = AN
100 NEXT I
110 REM
120 REM RESOLUTION
130 GOTO 280
140 S = 0:P = 0
150 GOSUB 500
160 ERR = ( ABS (S1 - S) + ABS (P1 - P) ) / ( ABS (S1) + ABS (P1) )
170 S = S1:P = P1
180 IF ERR > 0.001 THEN GOTO 150
190 FOR E = 1 TO 5
200 GOSUB 500
210 S = S1:P = P1
220 NEXT E
230 GOSUB 800
240 N = N - 2
250 FOR I = 0 TO N
260 A(I) = B(I)
270 NEXT I
280 IF N > 2 GOTO 140
290 IF N = 2 GOTO 320
300 REEL(1) = - A(1) / A(0):IMAGI(1) = 0
310 GOTO 340
320 S' = - A(1) / A(0):P = A(2) / A(0)
330 GOSUB 800
340 REM
350 REM AFFICHAGE DES SOLUTIONS
360 REM
370 HOME : PRINT "**** SOLUTIONS ****": PRINT : PRINT
380 FOR I = 1 TO N1
390 PRINT "X";I;" = ";REEL(I);" + i * ";IMAGI(I); PRINT
400 NEXT I
410 END
500 REM
510 REM BOUCLE:CALCUL DE S1, P1 A PARTIR DE S, P
520 REM
530 B(0) = A(0):B(1) = A(1) + S * B(0):B(2) = A(2) + S * B(1) - P * B(0)

540 SIG(0) = 0:SIG(1) = B(0):SIG(2) = B(1) + S * SIG(1)
550 FOR K = 3 TO N
560 B(K) = A(K) + S * B(K - 1) - P * B(K - 2)
570 SIG(K) = B(K - 1) + S * SIG(K - 1) - P * SIG(K - 2)
580 NEXT K
590 D = SIG(N) * SIG(N - 2) - SIG(N - 1) ^ 2
600 DS = B(N - 1) * SIG(N - 1) - B(N) * SIG(N - 2)
610 DP = B(N - 1) * SIG(N) - B(N) * SIG(N - 1)
620 S1 = S + DS / D:P1 = P + DP / D
630 RETURN
800 REM
810 REM RESOLUTION DU POLYNOME DU SECONDE DEGRE
820 REM
830 ELTA = S * S - 4 * P
840 IF ELTA < 0 GOTO 890
850 REEL(N) = 0.5 * (S + SQR (ELTA) * SGN (S))
860 REEL(N - 1) = P / REEL(N)
870 IMAGI(N) = 0:IMAGI(N - 1) = 0
880 RETURN
890 REEL(N) = S / 2:REEL(N - 1) = S / 2
900 IMAGI(N) = SQR (- ELTA) / 2
910 IMAGI(N - 1) = - IMAGI(N)
920 RETURN

```

—  $sx + p$ ) factorise le polynôme  $P$ . Ceci fait, d'une part deux racines  $x_1$  et  $x_2$  seront obtenues, réelles ou complexes, qui vérifieront  $(x - x_1)(x - x_2) = x^2 - sx + p$ ; d'autre part, la division de  $P$  par  $x^2 - sx + p$  donnera pour résultat un polynôme  $Q$  de degré moindre, auquel la même méthode pourra s'appliquer, et ainsi du suite jusqu'à épuisement des racines. Le lecteur matheux trouvera ci-après quelques éléments précis justifiant la méthode, mais nous ne pouvons malheureusement pas les développer de crainte de dépasser de très loin le cadre — pratique — de notre rubrique.

### Formulation

Les notations sont les suivantes :  
 $P_n(x) = a_n x^n + \dots + a_1 x + a_0$   
 $P_n(x) = S_2(x)Q_{n-2}(x) + R_n(x)$ , avec  
 $S_2(x) = x^2 - sx + p$ ,  
 $Q_{n-2}(x) = b_{n-2}x^{n-2} + b_{n-3}x^{n-3} + \dots + b_1x + b_0$   
 $R_n(x) = r_0x + r_1 = b_{n-1}(x - s) + b_n$

Il s'agit de trouver un couple  $(s, p)$  tel que  $b_{n-1} = b_n = 0$ .

### Algorithme

1. On se donne un couple  $(s_0, p_0)$  initial, par exemple  $(0, 0)$ .

Dans la suite, par commodité d'écriture, nous noterons  $s_n = s$  et  $p_n = p$ .

2. On calcule les coefficients  $b_k$  par identification dans l'égalité :

$$P_n(x) = S_2(x)Q_{n-2}(x) + R_n(x):$$

$$b_0 = a_0$$

$$b_1 = a_1 + sb_0$$

$$b_2 = a_2 + sb_1 - pb_0$$

...

$$b_k = a_k + sb_{k-1} - pb_{k-2}$$

...

$$b_n = a_n + sb_{n-1} - pb_{n-2}$$

3. On introduit les dérivées

$$\sigma_1 = \frac{db_1}{ds}:$$

$$\sigma_0 = 0$$

$$\sigma_1 = b_0$$

$$\sigma_2 = b_1 + s\sigma_1$$

$$\sigma_3 = b_2 + s\sigma_2 - p\sigma_1$$

...

$$\sigma_k = b_{k-1} + s\sigma_{k-1} - p\sigma_{k-2}$$

...

$$\sigma_n = b_{n-1} + s\sigma_{n-1} - p\sigma_{n-2}$$

4.  $b_{n-1}$  et  $b_n$  étant considérés comme fonctions de  $s$  et de  $p$ , dont les incrémentations sont notées  $ds$  et  $dp$ , le Jacobien de  $b_{n-1}$  ( $s, p$ ) et de  $b_n$  ( $s, p$ ) vaut  $D = \sigma_1\sigma_{n-2} - (\sigma_{n-1})^2$ .

5. Le développement en série de Taylor de  $b_{n-1}$  et de  $b_n$  à l'ordre 1 permet (sachant que l'on veut à terme  $b_{n-1} - b_n = 0$ ) d'en déduire  $ds$  et  $dp$  :

$$ds = \frac{b_{n-1} \sigma_{n-1} - b_n \sigma_{n-2}}{D}$$

$$dp = \frac{b_{n-1} \sigma_n - b_n \sigma_{n-1}}{D}$$

6. La méthode de Newton-Raphson conduit à poser  
 $s_{n+1} = s_n + ds/D$   
 $p_{n+1} = p_n + dp/D$ .

7. On revient au 2 jusqu'à ce que le rapport

$$\frac{|s_{n+1} - s_n| + |p_{n+1} - p_n|}{|s_n| + |p_n|} \leqslant \text{ERR},$$

auquel cas on effectue encore quelques itérations supplémentaires. Nous en fixons le nombre à 5 et ERR à 0.001 dans le programme, mais le lecteur est libre de les modifier, compte tenu de la précision qu'il recherche.

8. On pose  $s_{n+1} = s$ ,  $p_{n+1} = p$ , et on recherche les racines du trinôme  $x^2 - sx + p$ :  
 $d = s^2 - 4p$

a. si  $d < 0$ , les racines sont complexes et valent:

$$x_1 = \frac{s + i\sqrt{-d}}{2}$$

$$x_2 = \frac{s - i\sqrt{-d}}{2}$$

b. si  $d \geq 0$ , les racines sont réelles:

$$x_1 = \frac{s + (\sqrt{d}) \times \text{signe}(s)}{2}$$

$$x_2 = p/x_1.$$

Cette dernière procédure, un peu différente du traditionnel schéma  $x = \frac{s \pm d}{2}$ , est recommandable sur ordinateur car, lorsque  $s$  est proche de  $d \pm$ , l'une des valeurs  $s - d$ ,  $s + d$  est proche de 0, et tout micro peut commettre des erreurs relatives importantes en effectuant la différence de nombres très proches. Ainsi,  $1\ 000\ 001,00001 - 1\ 000\ 001$  pourra donner un résultat nul alors que la réponse exacte est 0,00001. Ce type d'erreur — appelé erreur par différence — vient du nombre limité de bits dont dispose la machine pour représenter les variables numériques.

9. On enregistre les racines  $x_1$ ,  $x_2$  dans un tableau, on pose  $P_{n-2}(x) = Q_{n-2} = b_n x^{n-2} + \dots + b_{n-2}$  et on revient au 1, en traitant ce nouveau polynôme. On recommence de la sorte jusqu'à ce que  $Q(x)$  soit de degré 1 ou 2.

a. Si  $Q(x)$  est de degré 2, on passe au 8 après avoir écrit  
 $Q(x) = a(x^2 - sx + p)$ .

b. Si  $Q(x)$  est de degré 1,  $Q(x) = ax + b$ .

La dernière racine vaut alors  $-b/a$ .

### Remarques

• La méthode ne s'applique pas valablement dans tous les cas. Ainsi les suites  $s_0, s_1, \dots, s_n$  et  $p_0, p_1, \dots, p_n$  peuvent ne pas converger, auquel cas le test du 7 ne sera jamais validé et le programme bouclera indéfiniment;

- la valeur ERR ne garantit en rien une approximation sur  $s$  et  $p$ , et encore moins sur les deux racines de  $x^2 - sx + p$ . Elle ne sert qu'à définir un point où la recherche peut s'arrêter;

- on risque, dans certains cas, de se trouver avec des problèmes de division par zéro (le programme s'arrête);

- les racines multiples (celles qui apparaissent plusieurs fois) sont moins bien calculées que les racines simples.

Malgré cela, la méthode de Bairstow donne généralement de bons résultats. Il est vrai que l'on peut lui adjoindre des perfectionnements subtils palliant certains de ses inconvénients. Nous comptons sur l'ingéniosité de nos lecteurs pour les trouver par eux-mêmes, d'autant que ces "plus" peuvent être très différents suivant le domaine d'application des programmes, comme c'est presque toujours le cas en mathématiques appliquées.

### Description du programme pour Apple II c

L'introduction des coefficients et du degré du polynôme s'effectue dans les lignes 10 à 100, le dimensionnement des tableaux s'opérant à la ligne 50. Nous appelons A celui renfermant les coefficients du polynôme courant (celui dont la factorisation est en cours), B celui renfermant les coefficients  $b_k$  de  $Q(x)$ , SIG le tableau contenant les  $\sigma_k$ . REEL et IMAGI contiennent respectivement les parties réelles et imaginaires des racines calculées en cours d'exécution.

La résolution proprement dite commence à la ligne 130, laquelle commence par renvoyer à la ligne 280, afin de voir si le polynôme courant n'aurait pas par hasard un degré inférieur à 3. Si ce n'est pas le cas, les valeurs de  $s$  et de  $p$  sont initialisées à 0 à la ligne 140, avant l'appel de la routine située ligne 500, qui calcule les nouvelles valeurs de  $s$  et de  $p$  (points 2 à 6 de la formulation). Le test sur ERR a lieu ligne 160 et ligne 180. Si ce test n'est pas vérifié, renvoi vers la case départ, en l'occurrence à la ligne 150 pour un nouveau calcul de  $s$  et de  $p$ . Autrement, le sous-programme débutant à la ligne 800 calcule les racines en enregistrant leurs composantes dans les tableaux REEL et IMAGI. A la ligne 260 s'effectue la recopie de  $Q(x)$  dans  $P(x)$  avant un nouveau traitement. Reste le cas où ce quotient  $Q$  est de degré inférieur à 3. Si le degré est 2, la conversion de la ligne 320 en fait un trinôme de la forme  $x^2 - sx + p$ , lequel est renvoyé au sous-programme 800 pour résolution. Si le degré est 1, la racine est immédiatement calculée à la ligne 300. Enfin, les lignes 340 et 410 affichent les diverses solutions rencontrées (il doit y en avoir n) en recopiant sur l'écran les tableaux REEL et IMAGI.

### Exemples

$$\begin{aligned} 1. \quad P(x) &= 3x^5 + 300x^4 - 15x^3 - \\ &1\ 476x^2 + 2\ 364x - 1\ 200 \\ &= 3(x-2)(x+3)(x^2-x+2)(x+100) \end{aligned}$$

est correctement décomposé en 5 racines:

$$\begin{aligned} &-100, 2, -3, 0.5 + 1.32287566i, \text{ et} \\ &0.5 - 1.32287566i \end{aligned}$$

$$2. \quad P(x) = x^3 - 3x^2 + 3x - 1 = (x-1)^3$$

possède une racine triple  $x = 1$

Le programme affiche trois valeurs proches de 1 à quelques millièmes près, notamment avec des parties imaginaires parasites. Mais le résultat est valable.

3. Le lecteur pourra vérifier que le traitement du polynôme  $P(x) = x^5$  (lequel possède une racine multiple, égale à 0) conduit à effectuer une division par zéro en cours d'exécution.

Daniel FERRO △

## L'APPROCHE DU COIN EN "OGEIMA"

**D**ans le cas d'un *Fuseki* parallèle (**diagramme 1**) avec un *Shimari* (coin renforcé) dans le coin nord-est et un *Komoku* — point 3-4 — en sud-est, le prochain coup blanc est presque toujours un coup d'approche — *Kakari* — du coin sud-est. Le coup blanc 1 est un *Ogeima* ; c'est-à-dire le "grand cheval" : par similitude avec le déplacement du cheval aux échecs, l'approche en "a" est appelée *Keima* soit "cheval" ; le préfixe "o" suggérant la grandeur, on obtient *Ogeima*. Cette approche a été longtemps considérée comme la seule correcte, les *Kakari* en "a" et "b" n'apparaissant qu'au

cours du XX<sup>e</sup> siècle. La raison principale de ce dogme étant qu'un coup en "a", trop près de la pierre  $\Delta$  s'expose à une attaque sévère, faisant travailler idéalement le *Shimari* en nord-est.

Curieusement, l'approche en *Ogeima* revient en vogue ; la raison cette fois vient, peut-être, de la tendance générale des professionnels à éviter les positions trop fixées.

**Diagramme 2.** La séquence la plus courante résultant de l'approche en *Ogeima* : le noir garde le coin avec 2 et le blanc prend une petite position solide sur le bord est avec 3. On ne peut pas rêver plus simple.

A part cette tendance à l'extrême simplification des séquences de coin, un autre phénomène, mimétique celui-là, est lié à la réussite de tel ou tel joueur ; Kato étant un spécialiste du *Fuseki* chinois et le jouant systématiquement à l'époque de sa meilleure forme, vers 1978, on n'a vu, chez les pros ou les amateurs, que des *Fuseki* chinois pendant quelques années, comme si toutes les autres lignes de jeu étaient subitement devenues impraticables.

La nouvelle "coqueluche" c'est Cho Chi Kun, et sa spécialité était de prendre un avantage territorial le plus tôt possible, cette tendance fait aussi, la plus naturellement du monde, des ravages. Mais, Cho est probablement le seul à savoir précisément ce qu'il fait quand il prend les

points ; il utilise régulièrement les deux tiers de son temps — soit 6 heures pour les grands matches — pour le début de partie et, surtout, les quelques coups du début de milieu de partie.

Or, Cho est le contraire d'un joueur lent. C'est au contraire à cause de sa grande sureté de calcul qu'il se permet de réfléchir si longtemps au début ; il fait partie des joueurs qui ne sont satisfaits qu'après avoir calculé le plus de variantes.

**Diagramme 3.** La tendance à faire du territoire tout de suite est illustrée par ce début de partie entre Kato et Kobayashi. En réponse à l'*Ogeima* en 6, l'attaque "à l'épaule" en 7, ou *Kata*, est une des possibilités. Le Blanc avec 8, choisit la stabilisation immédiate et les points.

Au cours de la séquence jusqu'en 17, le blanc joue quatre fois sur la deuxième ligne, qu'on appelle la ligne de la défaite. Il obtient à peine 10 points alors que les coups en 9 et en 17 donnent au noir une superbe influence. Le blanc, il est vrai, récupère l'initiative pour jouer en 18, mais 19 est aussi un très beau point et le milieu de partie commence avec l'invasion en 20. Peut-être que la comptabilité précise des professionnels permet au blanc de considérer la situation comme équitable, mais la théorie donne théoriquement une partie facile pour les noirs.

Pierre AROUTCHEFF  $\Delta$

Diagramme 1

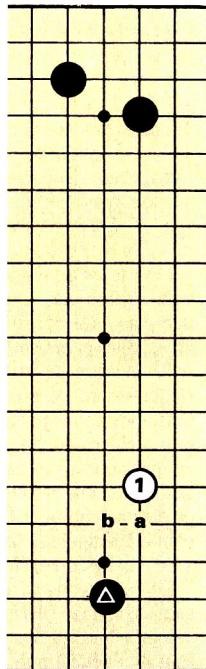


Diagramme 2 : blancs Kobayashi, noirs Kato. 33<sup>e</sup> Oza, Tokyo, le 19-09-85.

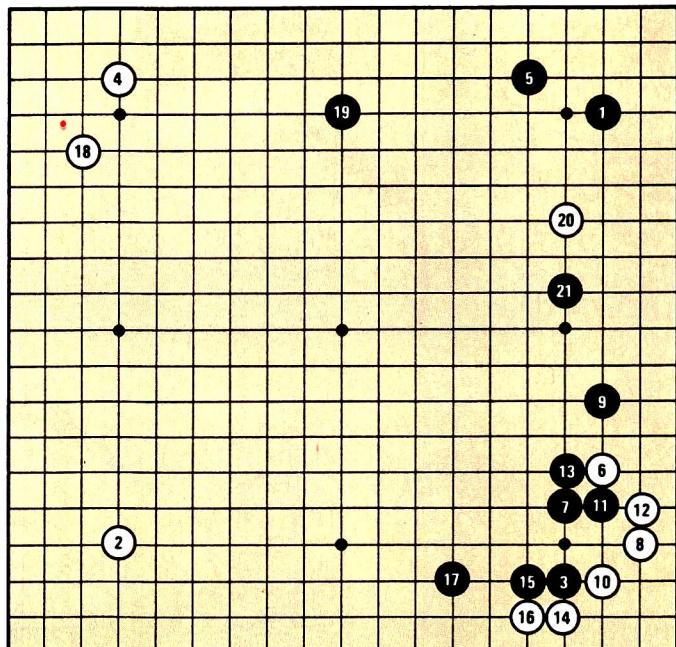
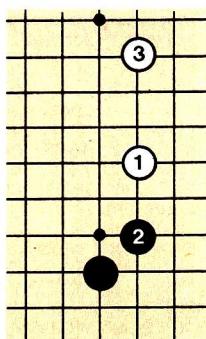


Diagramme 2

## UN ADAPTATEUR PÉRITEL POUR AMSTRAD

**A** quoi bon proposer un tel montage, nous direz-vous, puisque tous les appareils de la gamme Amstrad sont proposés d'origine équipés d'un moniteur.

Cependant la faiblesse de résolution d'un écran couleurs rend le travail fatigant pour les yeux, surtout si l'ordinateur est utilisé en mode 80 colonnes par ligne.

Le moniteur monochrome, par contre, dont la résolution est excellente, permet de travailler sans fatigue, mais la couleur fera défaut, surtout si on désire mettre au point des programmes de jeux.

Notre réalisation a donc pour but de pouvoir utiliser simultanément le moniteur monochrome d'origine et un téléviseur équipé d'une fiche périphérique. Nous combinerons ainsi les avantages des deux écrans, à savoir une bonne lisibilité pour l'étude du

programme, et des couleurs pour agrémenter le résultat final. Enfin, puisqu'un téléviseur sera employé, nous en profiterons pour le charger de la restitution du son; le haut-parleur intégré dans la machine manquant quelque peu de coffre, notamment en ce qui concerne la restitution des graves.

Le système sera des plus simples. En effet, la sortie moniteur de l'ordinateur propose tous les signaux utiles à la restitution de la palette de 27 couleurs (même dans le cas où l'appareil est acheté avec un moniteur monochrome). A nous donc de jouer pour les faire accepter par le téléviseur.

Ces signaux sont au nombre de 5 : le rouge, le vert, le bleu, la luminance et la synchronisation. Les signaux rouge, vert et bleu seront directement reliés aux entrées adéquates de la fiche périphérique. Ainsi, le montage sera plus du câblage que de l'électronique à proprement parler.

Le signal luminance, par contre, ne

peut être appliqué directement au téléviseur. Il faut, au préalable, lui ajouter le signal de synchronisation de manière à recréer un signal composite identique à celui de la vidéo en noir et blanc. Ce mélange de signaux est extrêmement facile à réaliser et deux simples résistances seront utilisées pour assurer cette opération. Notons que celle-ci reste indispensable si l'on désire profiter pleinement de la palette de couleurs proposée par l'ordinateur.

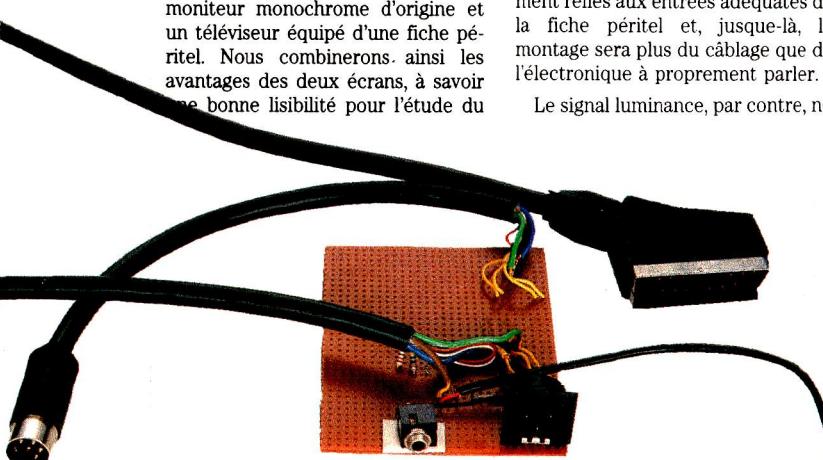
L'ensemble des signaux nécessaires au fonctionnement du téléviseur se trouve donc ainsi recréé. Il ne reste plus qu'à commander sa commutation en mode périphérique. Pour cela, il nous faudra activer deux autres de ses entrées : la commutation lente et la commutation rapide.

La commutation lente est mise en service dès qu'une tension comprise entre 9 et 12 volts est appliquée. Pour cela nous utiliserons soit une petite pile 9 volts, soit un bloc secteur.

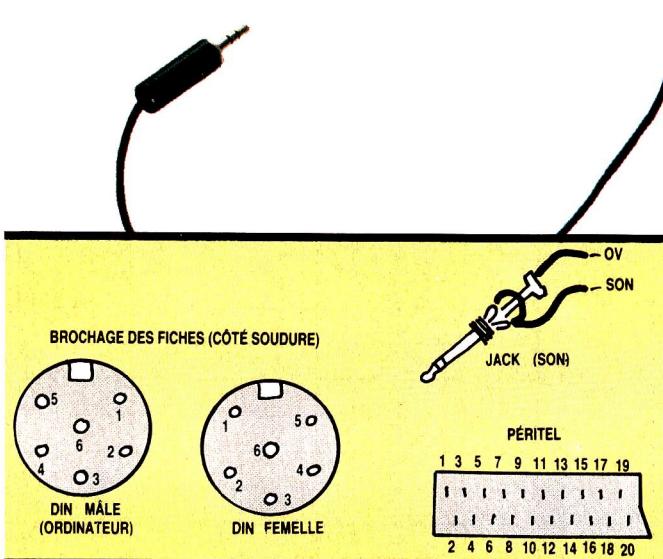
Pour la commutation rapide, le principe est identique mais la tension doit être comprise entre 1,5 et 3 volts. Pour générer cette nouvelle tension, nous utiliserons la source 9 volts et abaisserons sa valeur à l'aide de deux résistances.

Pour le câblage de cet adaptateur nous utiliserons, comme toujours, une plaquette munie de bandes cuivrées. Elle servira surtout de barrette relais puisque les seuls composants à câbler seront les quatre résistances. Certaines fiches pourront également être soudées sur la plaquette. C'est ce que nous avons fait pour la fiche DIN six broches et pour la fiche Jack de l'alimentation 9 volts. Il faudra, bien évidemment, choisir un modèle spécial pour circuit imprimé.

Le câblage de la fiche périphérique et celui de la fiche DIN mâle six broches seront effectués avec le plus grand soin. Rappelons que les fils doivent



Pour utiliser simultanément le moniteur Amstrad et un téléviseur



### NOMENCLATURE

$R_1 = 470$  OHMS (JAUNE, VIOLET, BRUN, OR)

$R_2 = 470$  OHMS (JAUNE, VIOLET, BRUN, OR)

$R_3 = 470$  OHMS (JAUNE, VIOLET, BRUN, OR)

$R_4 = 220$  OHMS (ROUGE, ROUGE, BRUN, OR)

### FICHE PÉRITEL

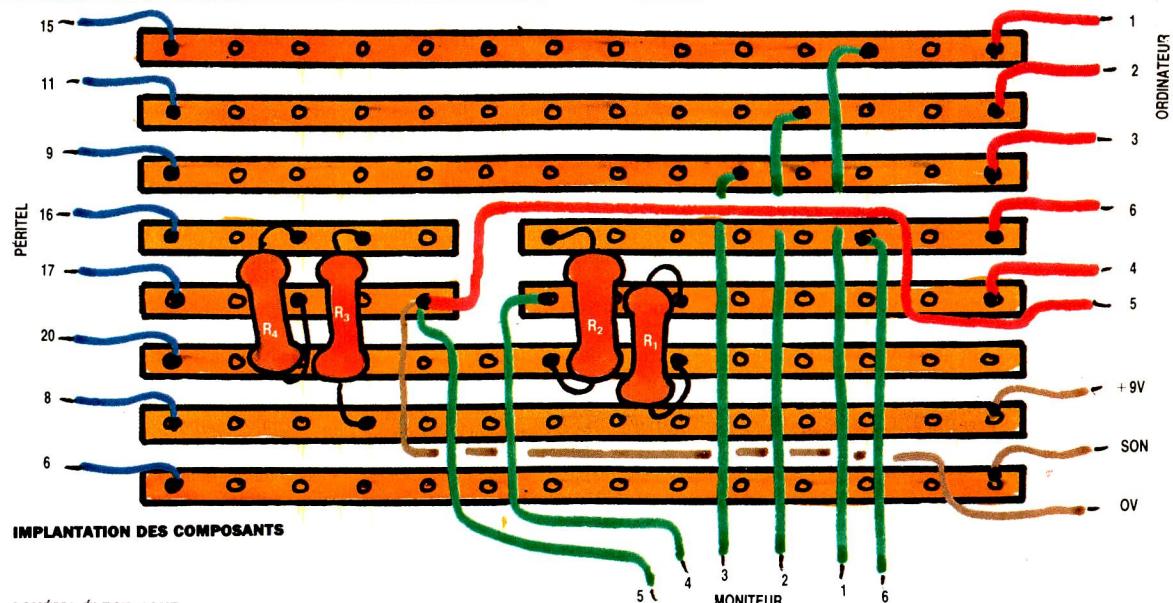
FICHE DIN 6 BROCHES MÂLE

FICHE DIN 6 BROCHES FEMELLE

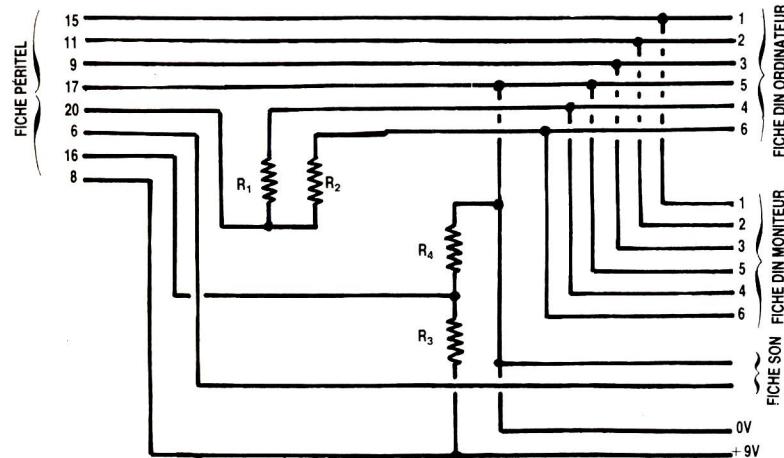
FICHE JACK STÉRÉO Ø 3 mm MÂLE

PILE 9 VOLTS OU BLOC SECTEUR 9

VOLTS 300 MILLIAMPÈRES



#### SCHÉMA ÉLECTRIQUE



être soudés sur les cosses de la fiche périphérique avant de les insérer dans le corps en plastique.

Pour la prise DIN, étant donné la proximité des divers contacts, il est

conseillé d'utiliser un fer à souder muni d'une patte aussi fine que possible ; il en sera de même pour la prise Jack destinée au son.

Ces diverses liaisons pourront être effectuées à l'aide de fil ordinaire, sauf pour le son où l'emploi de fil blindé est conseillé afin d'éviter tout renflement parasite sur le téléviseur. La solution la plus esthétique, pour cette réalisation, consiste cependant à utiliser un câble muni de plusieurs conducteurs (8 au total dont un blindé au moins).

La mise en service de cet adaptateur ne doit pas poser de problème. Pour cela il faudra, en premier lieu, éteindre le téléviseur et l'ordinateur. L'ensemble des fiches sera mis en place.

Le téléviseur sera alors mis sous tension et on contrôlera que son fonctionnement sur une chaîne quelconque n'est pas perturbé. Dès lors, le 9 volts sera connecté au montage. L'écran du téléviseur doit s'éteindre aussitôt. La mise en route de l'ordinateur doit provoquer sur le téléviseur l'apparition du texte d'accueil de l'Amstrad en caractères jaunes sur fond bleu marine ; les réglages de contraste et de luminosité pourront être ajustés de manière à obtenir un résultat satisfaisant. L'image doit également être présente sur le moniteur monochrome de la machine. Un test complet sera effectué en demandant les diverses couleurs disponibles ; le petit programme suivant pourra être utilisé. Il a pour effet de faire apparaître l'ensemble des couleurs disponibles sur le pourtour de l'écran.

```

10 FOR I = 0 TO 26
20 BORDER I
30 FOR T = 0 TO 1000
40 NEXT T
50 NEXT I

```

Le son pourra également être testé en tapant au clavier PRINT CHR \$(7), par exemple.

Si les résultats de ces deux tests sont concluants, votre adaptateur est prêt à l'emploi. Il sera inutile de débrancher les prises après chaque utilisation, mais on ne devra pas oublier de déconnecter la source 9 volts.

Henri-Pierre PENEL △

#### OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS ?

- △ RADIO M.J., 18 rue Claude-Bernard, 75005 Paris, pour les commandes par correspondance, tél. 43 36 01 40
- △ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05
- △ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52
- △ ELECTRONIC AT HOME, rue des Philosophes, 51, 1400 Yverdon, Suisse
- △ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

## UN JEU D'ARCADES : "FERNANDO"

**F**ernando est un professionnel du bâtiment d'où sa grande habitude des échafaudages. Il a voulu présenter son dernier chantier à sa fiancée, mais celle-ci a perdu tous ses bijoux sur cet échafaudage. A Fernando, donc, d'aller les récupérer. Cependant divers événements risquent de ralentir sa progression. En effet un incendie s'est déclaré en plusieurs points. Fernando devra

donc sauter par dessus les flammes.

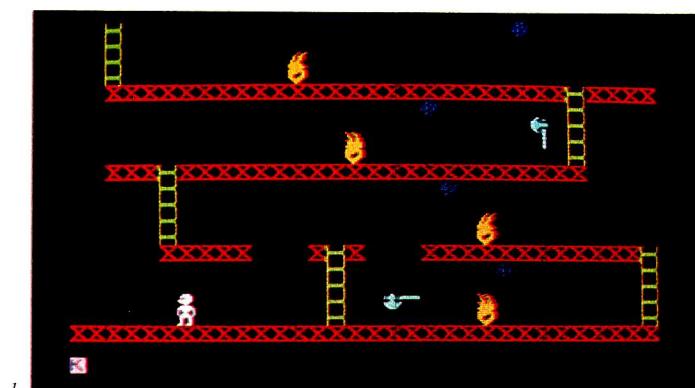
De plus, les pompiers, trop pressés dans leur intervention, ont perdu des haches qu'il faudra franchir au bon moment. De même de grosses gouttes d'eau devront être évitées sous peine de vous déséquilibrer et de vous faire tomber de l'échafaudage.

Ce jeu se jouera sur trois tableaux présentant chacun un niveau de difficulté. Le score sera fonction du nombre de bijoux ramassé.

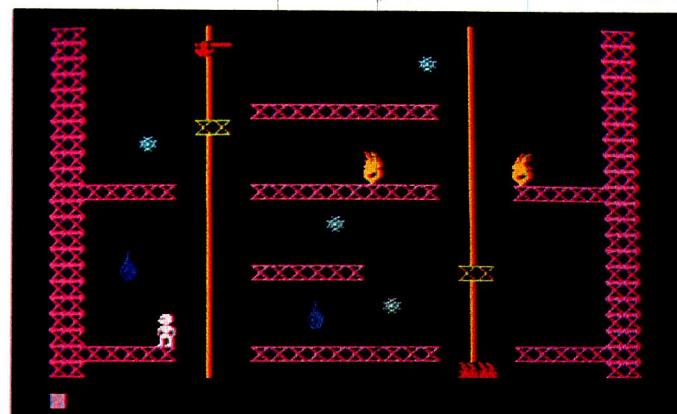
Ce règlement établi, passons à l'écriture du programme.

Nous commencerons par définir

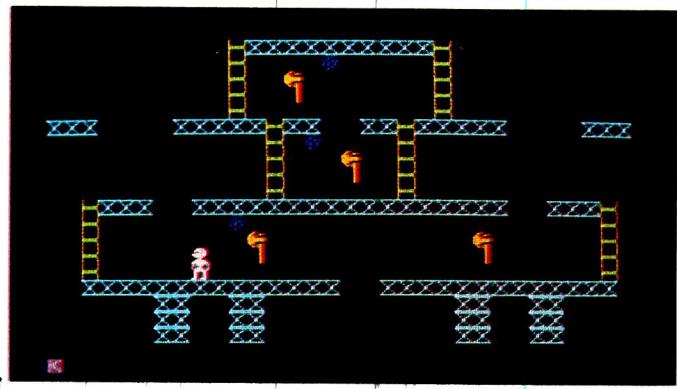
**Les trois tableaux.**  
On ne peut passer au tableau suivant qu'après avoir parcouru avec succès le précédent.



1



2



3

les caractères graphiques utilisés. Les données en seront mémorisées à l'aide d'instructions DATA (lignes 100 à 185) puis seront introduites en mémoire grâce à un ordre POKE placé dans une boucle (lignes 200 à 220). Le caractère graphique de la ligne 215 correspond à la touche A en mode graphique après redéfinition du clavier. Afin de simplifier la frappe du programme et de manière à voir apparaître sur l'écran des symboles conformes à ceux présentés sur le listing, nous vous conseillons de taper le programme jusqu'à la ligne 220 incluse, puis de demander RUN. Vient ensuite la présentation du jeu.

Pour afficher les trois décors successivement nous utiliserons leurs sous-routines respectives ; nous les décrirons ultérieurement. L'animation du personnage en train de tomber est réalisée à l'aide de trois boucles FOR... NEXT successives (lignes 305, 315 et 325).

Cette présentation terminée nous initialiserons l'ensemble des variables, puis le jeu débutera.

En premier lieu nous placerons les bijoux dans le décor, après initialisation de leurs variables (B<sub>1</sub> à B<sub>4</sub>) pour le tableau en cours. Il en sera de même pour la mise en place des flammes. Notons que deux représentations différentes seront affichées en fonction de la variable A, ceci afin de réaliser leur animation (lignes 580 et 585).

Nous utiliserons le même principe pour l'affichage et l'animation des haches (lignes 595 et 600). La variable M de la ligne 605 sera employée pour savoir si une touche du clavier est enfoncée ; nous modifierons la position du personnage en fonction de sa valeur. Quatre sous-routines complémentaires, pour le déplacement, seront également utilisées ; montée sur une échelle, descente de l'échelle, saut à droite et saut à gauche. Celles-ci sont respectivement placées en 4000, 4040, 4100 et 4200. Toutes ces sous-routines fonctionnent suivant un principe identique : une boucle servira à modifier les coordonnées horizontales et verticales du joueur (XJ et YJ). Seul le sens des variations et le résultat final sont différents.

Après chacune de ces opérations, ainsi qu'après chaque déplacement, la position du personnage sera contrôlée afin de vérifier qu'aucun accident ne s'est produit. Tant que l'ensemble des bijoux du tableau n'a

(suite du texte page 136)

```

1 SAVE: "fernando" LINE 10
10 BRIGHT 1: BORDER 0: PAPER 0
11 INK 8: CLS
12 REM ****
13 REM redef. car
14 REM ****
15 REM ****
16 REM ****
17 REM ****
18 REM ****
19 REM ****
20 REM ****
21 REM ****
22 REM ****
23 REM ****
24 REM ****
25 REM ****
26 REM ****
27 REM ****
28 REM ****
29 REM ****
30 REM ****
31 REM ****
32 REM ****
33 REM ****
34 REM ****
35 REM ****
36 REM ****
37 REM ****
38 REM ****
39 REM ****
40 REM ****
41 REM ****
42 REM ****
43 REM ****
44 REM ****
45 REM ****
46 REM ****
47 REM ****
48 REM ****
49 REM ****
50 REM ****
51 REM ****
52 REM ****
53 REM ****
54 REM ****
55 REM ****
56 REM ****
57 REM ****
58 REM ****
59 REM ****
60 REM ****
61 REM ****
62 REM ****
63 REM ****
64 REM ****
65 REM ****
66 REM ****
67 REM ****
68 REM ****
69 REM ****
70 REM ****
71 REM ****
72 REM ****
73 REM ****
74 REM ****
75 REM ****
76 REM ****
77 REM ****
78 REM ****
79 REM ****
80 REM ****
81 REM ****
82 REM ****
83 REM ****
84 REM ****
85 REM ****
86 REM ****
87 REM ****
88 REM ****
89 REM ****
90 REM ****
91 REM ****
92 REM ****
93 REM ****
94 REM ****
95 REM ****
96 REM ****
97 REM ****
98 REM ****
99 REM ****
100 DATA 255,66,36,24,24,36,65,
101 DATA 9,18,54,54,108,124,254
102 DATA 144,76,100,54,182,127,
103 DATA 127,255
104 DATA 126,255,251,227,231,12
105 DATA 60,24
106 DATA 60,125,123,126,60,24,1
107 DATA 255
108 DATA 189,153,189,102,102,10
109 DATA 102,119
110 DATA 0,16,16,24,24,56,50,12
111 DATA 136,223,191,183,223,11
112 DATA 126,50
113 DATA 140,DATA 60,126,24,254,124,24,1
114 DATA 255
115 DATA 145,DATA 189,153,189,126,102,10
116 DATA 102,238
117 DATA 150,DATA 36,24,165,90,90,165,24
118 DATA 155,DATA 66,153,36,90,90,36,153
119 DATA 160,DATA 48,102,240,255,255,240
120 DATA 102,54
121 DATA 155,DATA 8,5,5,5,5,5,5,5
122 DATA 170,DATA 24,189,189,24,189,255,
123 DATA 125,60
124 DATA 175,DATA 0,255,255,0,0,0,0,0
125 DATA 180,DATA 5,10,31,82,50,50,30,12
126 DATA 185,DATA 150,80,248,124,76,76,1
127 DATA 20,48
128 DATA 190,DATA 16,24,24,60,126,94,60,
129 DATA 24
130 DATA 195,DATA 129,129,129,255,255,12
131 DATA 9,129,129
132 DATA 196,REM ****
133 REM ****
134 REM implant. car (GRAPH, A)
135 REM ****
136 REM ****
137 REM ****
138 REM ****
139 REM ****
140 REM ****
141 REM ****
142 REM ****
143 REM ****
144 REM ****
145 REM ****
146 REM ****
147 REM ****
148 REM ****
149 REM ****
150 REM ****
151 REM ****
152 REM ****
153 REM ****
154 REM ****
155 REM ****
156 REM ****
157 REM ****
158 REM ****
159 REM ****
160 REM ****
161 REM ****
162 REM ****
163 REM ****
164 REM ****
165 REM ****
166 REM ****
167 REM ****
168 REM ****
169 REM ****
170 REM ****
171 REM ****
172 REM ****
173 REM ****
174 REM ****
175 REM ****
176 REM ****
177 REM ****
178 REM ****
179 REM ****
180 REM ****
181 REM ****
182 REM ****
183 REM ****
184 REM ****
185 REM ****
186 REM ****
187 REM ****
188 REM ****
189 REM ****
190 REM ****
191 REM ****
192 REM ****
193 REM ****
194 REM ****
195 REM ****
196 REM ****
197 REM ****
198 REM presentation
199 REM ****
200 REM ****
201 REM ****
202 REM ****
203 REM ****
204 REM ****
205 REM ****
206 REM ****
207 REM ****
208 REM ****
209 REM ****
210 REM ****
211 REM ****
212 REM ****
213 REM ****
214 REM ****
215 REM ****
216 REM ****
217 REM ****
218 REM ****
219 REM ****
220 REM ****
221 REM ****
222 REM ****
223 REM ****
224 REM ****
225 REM ****
226 REM ****
227 REM ****
228 REM ****
229 REM ****
230 REM ****
231 REM ****
232 REM ****
233 REM ****
234 REM ****
235 REM ****
236 REM ****
237 REM ****
238 REM ****
239 REM ****
240 REM ****
241 REM ****
242 REM ****
243 REM ****
244 REM ****
245 REM ****
246 REM ****
247 REM ****
248 REM ****
249 REM ****
250 REM ****
251 REM ****
252 REM ****
253 REM ****
254 REM ****
255 REM ****
256 REM ****
257 REM ****
258 REM ****
259 REM ****
260 REM ****
261 REM ****
262 REM ****
263 REM ****
264 REM ****
265 REM ****
266 REM ****
267 REM ****
268 REM ****
269 REM ****
270 REM ****
271 REM ****
272 REM ****
273 REM ****
274 REM ****
275 REM ****
276 REM ****
277 REM ****
278 REM ****
279 REM ****
280 REM ****
281 REM ****
282 REM ****
283 REM ****
284 REM ****
285 REM ****
286 REM ****
287 REM ****
288 REM ****
289 REM ****
290 REM ****
291 REM ****
292 REM ****
293 REM ****
294 REM ****
295 REM ****
296 REM ****
297 REM ****
298 REM ****
299 REM ****
300 GO SUB 3600
301 INK 7: FOR P=0 TO 15: PRINT
302 AT P,25;" ";AT P+1,25;" ";AT P+
303 2,25;" ";BEEP,.01,50-P: NEXT P
304 GO SUB 3800
305 INK 7: FOR P=0 TO 16: PRINT
306 AT P,10;" ";AT P+1,10;" ";AT P+
307 2,10;" ";BEEP,.01,30-P: NEXT P
308 GO SUB 3400
309 INK 7: FOR P=0 TO 18: PRINT
310 AT P,0;" ";AT P+1,0;" ";AT P+2,
311 0;" ";BEEP,.02,10-P: NEXT P
312 REM ****
313 REM ****
314 REM ****
315 REM ****
316 REM ****
317 REM ****
318 REM ****
319 REM ****
320 REM ****
321 REM ****
322 REM ****
323 REM ****
324 REM ****
325 REM ****
326 REM ****
327 REM ****
328 REM ****
329 REM ****
330 REM ****
331 REM ****
332 REM ****
333 REM ****
334 REM ****
335 REM ****
336 REM ****
337 REM ****
338 REM ****
339 REM ****
340 REM ****
341 REM ****
342 REM ****
343 REM ****
344 REM ****
345 REM ****
346 REM ****
347 REM ****
348 REM ****
349 REM ****
350 REM ****
351 REM ****
352 REM ****
353 REM ****
354 REM ****
355 REM ****
356 REM ****
357 REM ****
358 REM ****
359 REM ****
360 REM ****
361 REM ****
362 REM ****
363 REM ****
364 REM ****
365 REM ****
366 REM ****
367 REM ****
368 REM ****
369 REM ****
370 REM ****
371 REM ****
372 REM ****
373 REM ****
374 REM ****
375 REM ****
376 REM ****
377 REM ****
378 REM ****
379 REM ****
380 REM ****
381 REM ****
382 REM ****
383 REM ****
384 REM ****
385 REM ****
386 REM ****
387 REM ****
388 REM ****
389 REM ****
390 REM ****
391 REM ****
392 REM ****
393 REM ****
394 REM ****
395 REM ****
396 REM ****
397 REM ****
398 REM ****
399 REM ****
400 LET SC=0
401 LET EC=0
402 LET FIN=0
403 LET XJ=25
404 LET YJ=15
405 LET D=0
406 LET DF=0
407 LET E1=0
408 LET E2=0
409 LET E3=0
410 LET E4=0
411 LET B1=0
412 LET B2=0
413 LET B3=0
414 LET B4=0
415 LET M=0
416 LET H=0
417 LET T=0
418 LET R=0
419 LET S=0
420 LET I=0
421 LET O=0
422 LET P=0
423 LET Q=0
424 LET U=0
425 LET V=0
426 LET W=0
427 LET X=0
428 LET Y=0
429 LET Z=0
430 LET A=0
431 LET B=0
432 LET C=0
433 LET D=0
434 LET E=0
435 LET F=0
436 LET G=0
437 LET H=0
438 LET I=0
439 LET J=0
440 LET K=0
441 LET L=0
442 LET M=0
443 LET N=0
444 LET O=0
445 LET P=0
446 LET Q=0
447 LET R=0
448 LET S=0
449 LET T=0
450 LET U=0
451 LET V=0
452 LET W=0
453 LET X=0
454 LET Y=0
455 LET Z=0
456 LET A=0
457 LET B=0
458 LET C=0
459 LET D=0
460 LET E=0
461 LET F=0
462 LET G=0
463 LET H=0
464 LET I=0
465 LET J=0
466 LET K=0
467 LET L=0
468 LET M=0
469 LET N=0
470 LET O=0
471 LET P=0
472 LET Q=0
473 LET R=0
474 LET S=0
475 LET A=0
476 LET MP=0
477 LET H=0
478 REM ****
479 REM debut jeu
480 REM ****
481 REM ****
482 REM ****
483 REM ****
484 REM ****
485 REM ****
486 REM ****
487 REM ****
488 REM gestion tableau
489 REM ****
490 REM ****
491 IF EC<>0 THEN GO TO 700
492 INK 1
493 LET B1=INT (RND*10)+17
494 LET B2=INT (RND*8)+20
495 LET B3=INT (RND*20)+6
496 LET B4=INT (RND*21)+5
497 PRINT AT 17,B1;"*";AT 12,B2
498 AT 7,B3;"*";AT 2,B4;"*"
499 LET XJ=0
500 LET YJ=20
501 LET E1=12
502 LET E2=16
503 LET E3=20
504 LET E4=23
505 INK 6: PRINT AT 5,E1;"*";AT
506 10,E2;"*";AT 15,E3;"*";AT 20,E4
507 INK 6
508 IF A=0 THEN PRINT AT 4,E1;""
509 AT 9,E2;"*";AT 14,E3;"*";AT 1
510 9,E4;"*"
511 IF A=1 THEN PRINT AT 4,E1;""
512 AT 9,E2;"*";AT 14,E3;"*";AT 1
513 9,E4;"*"
514 INK 5: IF M<>0 THEN LET MP=
M
515 IF A=0 THEN PRINT AT 9,25;""
516 AT 3,25;"*";AT 9,24;"";AT 19
517 18;"";AT 18,18;"";AT 19,17;""
518 IF A=1 THEN PRINT AT 9,25;""
519 AT 3,25;"";AT 9,24;"*";AT 19
520 18;"*";AT 18,18;"*";AT 19,17;""
521 LET M=CODE INKEY$
522 LET A=(A+1)*(A=0)
523 PRINT AT YJ,XJ;" ",AT YJ-1,
XJ," "
524 LET XJ=XJ+((M=9)*(XJ<31))-(
(M=8)*(XJ>0))
525 INK 7: LET D=(M=9)
526 IF D=1 THEN PRINT AT YJ-1,X
J;" ";AT YJ,XJ;"*"
527 IF D=0 THEN PRINT AT YJ-1,X
J;"*";AT YJ,XJ;"*"
528 IF YJ=20 AND (XJ=14 OR XJ=3
1) AND M=11 THEN GO SUB 4000
529 INK 4: IF YJ=20 AND (XJ=13
OR XJ=15 OR XJ=30) THEN PRINT AT
20,14;"H";AT 19,14;"H";AT 20,31
;"H";AT 19,31;"H"
530 IF YJ=15 AND XJ=5 AND M=11
THEN GO SUB 4000
531 INK 4: IF YJ=15 AND (XJ=4 O
R XJ=6) THEN PRINT AT 15,5;"H";A
T 14,5;"H"
532 IF YJ=10 AND XJ=27 AND M=11
THEN GO SUB 4000
533 INK 4: IF YJ=10 AND (XJ=26
OR XJ=28) THEN PRINT AT 10,27;"H
";AT 9,27;"H"
534 IF YJ=5 AND XJ=2 AND M=11 A
ND SC=40 THEN GO SUB 4000
535 INK 4: IF YJ=5 AND (XJ=1 O
R XJ=3) THEN PRINT AT 5,2;"H";AT
4,2;"H"
536 IF YJ=15 AND (XJ=14 OR XJ=3
1) AND M=10 THEN GO SUB 4040
537 IF YJ=10 AND XJ=5 AND M=10
THEN GO SUB 4040
538 IF YJ=5 AND XJ=27 AND M=10
THEN GO SUB 4040
539 IF YJ=5 AND XJ<26 AND M=11
THEN GO SUB 4100
540 IF MP=8 AND XJ>5 AND M=11 T
HEN GO SUB 4200
541 IF YJ=20 AND (XJ=E4 OR XJ=1
7) THEN LET FIN=1: BEEP,.5,-12
542 IF YJ=15 AND (XJ=E3 OR XJ<5
)

```



```

    OR (XJ>9) AND XJ<13) OR (XJ>15 A
    ND XJ<19)) THEN LET FIN=1: BEEP
    .5,-12
    725 IF YJ=10 AND (XJ=2 OR XJ<2
    OR XJ>2) OR XJ=24) THEN LET FIN
    =1: BEEP .5,-12
    730 IF YJ=5 AND (XJ=1 OR XJ<2)
    THEN LET FIN=1: BEEP .5,-12
    735 IF SC=40 AND YJ=0 THEN GO
    TO 800
    730 IF FIN=1 THEN GO TO 1800
    755 GO TO 560
    797 REM ****
    798 REM gestion tableau 2
    799 REM ****
    800 GO SUB 3600
    805 LET XJ=2
    810 LET YJ=19
    850 IF M>0 THEN LET MP=M
    855 LET M=CODE INKEY$
    860 LET A=(A+1)*(A=0)*(SC>80)
    865 LET DF=(DF+1)*(DF<20)
    870 INK 4: PRINT AT 20-DF,8;"XX"
    ;AT DF+1,22;"XX"
    875 INK 6: PRINT AT 21-DF,8;" "
    ;AT DF,22;" "
    880 INK 7: PRINT AT YJ-1,XJ;" "
    ;AT YJ,XJ;" "
    885 LET XJ=XJ+((M=9)*(XJ<29))-(
    (M=8)*(XJ>2))
    890 IF D=1 THEN PRINT AT YJ-1,XJ;
    ;" ";AT YJ,XJ;" "
    895 IF D=0 THEN PRINT AT YJ-1,XJ;
    ;" ";AT YJ,XJ;" "
    900 INK 2: IF R=0 THEN PRINT AT
    21,22;"XX";AT 0,8;" ";AT 1,9;" "
    ;INK 5: PRINT AT 0,8;" ";AT 1
    ,8;" ";AT 8,17;"XX";AT 8,25;"XX"
    905 INK 2: IF R=1 THEN PRINT AT
    21,22;"XX";AT 0,8;" ";AT 1,8;" "
    ;INK 6: PRINT AT 8,17;"XX";AT
    8,25;"XX"
    910 INK 1: IF DF>1 THEN PRINT A
    T DF+1,4;" ";AT DF,4;"1";AT DF-1
    ,4;" ";AT (DF/2)+11,14;" ";AT (D
    F/2)+10,14;"1";AT (DF/2)+9,14;" "
    915 INK 3: IF DF=2 OR DF=11 OR
    DF=13 OR DF=20 THEN PRINT AT 10,
    4;"XX";AT 10,14;"XX";AT 20,4;"XX";
    AT 21,4;" ";AT 20,14;"XX";AT 21,14
    ;";AT 15,14;"XX"
    920 INK 7: LET D=(M=9)
    925 IF MP=9 AND XJ<26 AND M=11
    THEN GO SUB 4100
    926 IF MP=8 AND XJ>5 AND M=11 T
    HEN GO SUB 4200
    930 IF (XJ=8 OR XJ=9) AND YJ=19
    -DF THEN LET YJ=YJ-1
    935 IF (XJ=22 OR XJ=23) AND YJ=
    DF THEN LET YJ=YJ+1: INK 6: PRIN
    T AT YJ-2,22;" "
    940 IF XJ=8 OR XJ=9 OR XJ=22 OR
    XJ=23 THEN GO TO 565
    945 IF YJ=7 OR XJ=10 OR XJ=21 O
    R XJ=24 THEN LET FIN=1
    950 IF YJ<>19 AND YJ<>14 AND YJ
    <>9 AND YJ<>4 THEN LET FIN=1
    955 IF (YJ>20-DF OR YJ<18-DF)=
    ND (XJ=8 OR XJ=9) THEN LET FIN=1
    960 IF (YJ>DF OR YJ>DF+2) AND (
    XJ=22 OR XJ=23) THEN LET FIN=1
    965 IF XJ=4 AND YJ=DF+3 THEN LE
    T FIN=1
    970 IF XJ=14 AND YJ=INT (DF/2)+
    13 THEN LET FIN=1
    975 IF YJ=9 AND (XJ=17 OR XJ=25)
    ) THEN LET FIN=1
    980 IF YJ>2 AND (SC>80 OR XJ=8)
    THEN LET FIN=1
    985 IF YJ=21 THEN LET FIN=1
    990 IF YJ=1 AND XJ=3 AND SC>=80
    THEN GO TO 2000
    1100 IF FIN=1 THEN GO TO 1800
    1497 REM ****
    1498 REM rebookee jeu
    1499 REM ****
    1500 GO TO 350
    1797 REM ****
    1798 REM fin de jeu
    1799 REM ****
    1800 FOR I=YJ TO 21
    1805 PRINT AT I,XJ;"W";AT I-1,XJ
    ;" ";AT I-2,XJ;
    1810 BEEP .01,20-I
    1815 NEXT I
    1885 PRINT AT 0,10;"VOTRE SCORE:
    ";SC: IF INKEY$()="" THEN GO TO
    1885
    1890 PAUSE 1: PAUSE 500
    1895 GO TO 300
    1900 GO TO 800
    1997 REM ****
    1998 REM gestion tableau 1
    1999 REM ****
    2000 GO SUB 3600
    2005 LET XJ=3
    2010 LET YJ=17
    2015 IF M>0 THEN LET MP=M
    2020 LET M=CODE INKEY$
    2025 LET M=CODE INKEY$
    2030 LET A=(A+1)*(A=0)
    2031 INK 7: PRINT AT YJ-1,XJ;" "
    ;AT YJ,XJ;" "
    2035 LET XJ=XJ+((M=9)*(XJ<30))-((
    M=8)*(XJ>2))
    2040 IF D=1 THEN PRINT AT YJ-1,XJ;
    ;" ";AT YJ,XJ;" "
    2045 IF D=0 THEN PRINT AT YJ-1,XJ;
    ;" ";AT YJ,XJ;" "
    2050 INK 5: IF A=0 THEN PRINT AT
    15,22;" ";AT 16,22;"1";AT 10,
    15;" ";AT 11,15;" ";AT 5,12,
    " ";AT 6,12;"1";AT 15,10;" "
    ;AT 16,10;" "
    2055 INK 6: IF A=1 THEN PRINT AT
    15,22;" ";AT 16,22;" ";AT 10,
    15;" ";AT 11,15;" ";AT 5,12,
    " ";AT 6,12;" ";AT 15,10;" "
    ;AT 16,10;" "
    2060 INK 7: LET D=(M=9)
    2075 IF YJ=17 AND (XJ=2 OR XJ=30
    ) AND M=11 THEN GO SUB 4000
    2080 INK 4: IF YJ=17 AND (XJ=3,0
    OR XJ=29) THEN PRINT AT 17,2;"H";
    AT 16,2;"H";AT 17,30;"H";AT 16,3
    0;"H"
    2090 IF YJ=12 AND (XJ=12 OR XJ=1
    1) AND M=11 THEN GO SUB 4000
    2095 INK 4: IF YJ=12 AND (XJ=11
    OR XJ=13 OR XJ=18 OR XJ=20) THEN
    PRINT AT 12,12;"H";AT 11,12;"H";
    AT 12,19;"H";AT 11,19;"H"
    2100 IF YJ=7 AND (XJ=10 OR XJ=21
    ) AND M=11 THEN GO SUB 4000
    2105 INK 4: IF YJ=7 AND (XJ=9 OR
    XJ=11 OR XJ=20 OR XJ=22) THEN P
    RINT AT 7,10;"H";AT 6,10;"H";AT
    7,21;"H";AT 6,21;"H"
    2110 IF YJ=2 AND SC>=110 THEN GO
    TO 1885
    2120 IF YJ=12 AND (XJ=2 OR XJ=30
    ) AND M=10 THEN GO SUB 4040
    2125 IF YJ=7 AND (XJ=12 OR XJ=19
    ) AND M=10 THEN GO SUB 4040
    2130 IF YJ=2 AND (XJ=10 OR XJ=21
    ) AND M=10 THEN GO SUB 4040
    2140 IF YJ=17 AND (XJ=16 OR XJ=1
    7 OR XJ=22 OR XJ=10) THEN LET PI
    N=1
    2145 IF YJ=7 AND (XJ<7 OR XJ=12
    OR XJ=15 OR XJ=16 OR XJ>24) THEN
    LET FIN=1
    2150 IF YJ=12 AND (XJ=6 OR XJ=15
    OR XJ=7 OR XJ=25 OR XJ=26) THEN
    LET FIN=1
    2155 IF YJ=2 AND (XJ<10 OR XJ>21
    ) THEN LET FIN=1
    2200 IF FIN=1 THEN GO TO 1800
    2299 IF FIN=1 THEN BEEP .1,0
    2300 IF MP=9 AND XJ>26 AND M=11
    THEN GO SUB 4100
    2310 IF MP=8 AND XJ>5 AND M=11 T
    HEN GO SUB 4200
    2900 GO TO 2015
    3397 REM ****
    3398 REM tableau 3

```

```

3399 REM ****
3400 CLS
3405 INK 2: PRINT AT 6,2;"XXXXXX"
XXXXXX
3410 INK 4: PRINT AT 6,27;"H";AT 7,27;"H";AT 8,27;"H";AT 9,27;"H";AT 10,27;"H";AT 4,2;"H";AT 5,2;"H";AT 4,2;"H";AT 3,2;"H";AT 2,2;"H"
3415 INK 2: PRINT AT 11,2;"XXXXXX"
XXXXXX
3420 INK 4: PRINT AT 11,5;"H";AT 12,5;"H";AT 13,5;"H";AT 14,5;"H";AT 15,5;"H"
3425 INK 2: PRINT AT 16,5;"XXXXXX"
XXX XXXXXXXXXXXXXXXX
3430 INK 4: PRINT AT 16,31;"H";AT 17,31;"H";AT 18,31;"H";AT 19,31;"H";AT 20,31;"H"
3435 PRINT AT 16,14;"H";AT 17,14;"H";AT 18,14;"H";AT 19,14;"H";AT 20,14;"H"
3440 INK 2: PRINT AT 21,0;"XXXXXX"
XXXXXX
3445 REM tableau 3
3449 REM ****
3500 RETURN
3597 REM ****
3598 REM tableau 1
3599 REM ****
3600 CLS
3605 INK 4: PRINT AT 3,10;"H"
" H";AT 4,10;"H"
H";AT 5,10;"H"
H";AT 6,10;"H"
H"
3610 INK 5: PRINT AT 3,11;"XXXXXX"
XXXXXX
3615 INK 5: PRINT AT 3,0;"XXX"
XXXXXX XXXXXXXX XXXX"
3620 INK 4: PRINT AT 3,12;"H";AT 8,19;"H";AT 9,12;"H";AT 9,19;"H";AT 10,19;"H";AT 10,12;"H";AT 11,19;"H";AT 11,12;"H";AT 12,19;"H";AT 12,12;"H"
3625 INK 5: PRINT AT 13,3;"XXX"
XXXXXX XXXXXXXX XXXX"
3630 INK 4: PRINT AT 13,2;"H";AT 13,30;"H";AT 14,2;"H";AT 14,30;"H";AT 15,2;"H";AT 15,30;"H";AT 16,2;"H";AT 16,30;"H";AT 17,2;"H";AT 17,30;"H"
3635 INK 5: PRINT AT 18,2;"XXXXXX"
XXXXXX XXXXXXXX XXXX";AT 19,6;"XX XX";AT 19,22;"XX XX";AT 20,6;"XX XX";AT 20,22;"XX XX";AT 21,6;"XX XX";AT 21,22;"XX XX"
3640 LET B1=10
3645 LET B2=14
3650 LET B3=18
3655 LET B3=15
3660 INK 1: PRINT AT 4,B3;"*";AT 9,B2;"*";AT 14,B1;"*"
3670 LET EC=3
3675 LET SC=80
3700 RETURN
3757 REM ****
3793 REM tableau 2
3799 REM ****
3800 CLS
3805 INK 3: PRINT AT 5,11;"XXXXXX"
XXXXXX
3810 INK 3: PRINT AT 10,0;"XXXXXX"
XXXXXX
3815 INK 3: PRINT AT 15,11;"XXXXXX"
XXXXXX
3820 INK 3: PRINT AT 20,0;"XXXXXX"
XXXXXX
3825 FOR E=0 TO 21
3830 INK 3: PRINT AT E,0;"XX";AT E,30;"XX"
3835 INK 6: PRINT AT E,8;"I";AT E,22;""
3840 NEXT E
3845 LET B1=18
3850 LET B2=15
3855 LET B3=5
3860 LET B4=20
3865 INK 5: PRINT AT 2,B4;"*";AT 7,B3;"*";AT 12,B2;"*";AT 17,B1;"*"
3870 INK 6: PRINT AT 9,17;"O";AT 9,25;""
3875 LET SC=40
3880 LET EC=2
3900 RETURN
3997 REM ****
3998 REM monice
3999 REM ****
4000 FOR I=1 TO 5
4005 INK 4: PRINT AT YJ+1-I,XJ;"H"
H"
4010 INK 7: PRINT AT YJ-I,XJ;"H"
;AT YJ-1-I,XJ;"*"
4015 BEEP .01,10+2*I
4020 NEXT I
4025 LET YJ=YJ-5
4030 LET MP=0
4035 RETURN
4037 REM ****
4038 REM descente
4039 REM ****
4040 PRINT AT YJ,XJ;" ";AT YJ-1,XJ;" "
4045 FOR I=3 TO 5
4050 INK 4: PRINT AT YJ+I-2,XJ;"H"
H"
4055 INK 7: PRINT AT YJ+I,XJ;"H"
;AT YJ-1+I,XJ;"*"
4060 BEEP .01,10-2*I
4065 NEXT I
4070 LET YJ=YJ+5
4075 LET MP=0
4080 RETURN
4087 REM ****
4088 REM saut a droite
4099 REM ****
4100 INK 7: PRINT AT YJ,XJ;" ";AT YJ-1,XJ;" "
4105 FOR I=1 TO 3
4110 PRINT AT YJ-2,XJ+I;"H";AT YJ-3,XJ+I;"*"
4115 IF I>1 THEN PRINT AT YJ-2,XJ+I-1;" "
4120 IF ((XJ+I=B1 AND (YJ=20 OR YJ=19 OR YJ=17)) OR (XJ+I=B2 AND (YJ=15 OR YJ=14 OR YJ=12)) OR (XJ+I=B3 AND (YJ=10 OR YJ=9 OR YJ=7)) OR (XJ+I=B4 AND (YJ=5 OR YJ=4))) THEN LET SC=SC+10: BEEP .04
,36: BEEP .06,24
4125 IF EC=0 AND (A=1 AND XJ+I=2 AND YJ=10) OR (A=0 AND XJ+I=18 AND YJ=20) THEN LET FIN=1: BEEP .5,-12
4130 IF EC=3 AND A=0 AND ((XJ+I=15 AND YJ=12) OR (YJ=17 AND (XJ+I=10 OR XJ+I=22)) OR (YJ=7 AND (XJ+I=12))) THEN LET FIN=1: BEEP .5,-12
4165 NEXT I
4170 LET XJ=XJ+4
4185 PRINT AT YJ-2,XJ-1;" ";AT YJ-3,XJ-1;" "
4190 RETURN
4197 REM ****
4198 REM saut a gauche
4199 REM ****
4200 INK 7: PRINT AT YJ,XJ;" ";AT YJ-1,XJ;" "
4205 FOR I=1 TO 3
4210 PRINT AT YJ-2,XJ-I;"H";AT YJ-3,XJ-I;"*"
4215 IF I>1 THEN PRINT AT YJ-2,XJ-I+1;" "
4220 IF ((XJ-I=B1 AND (YJ=20 OR YJ=19 OR YJ=17)) OR (XJ-I=B2 AND (YJ=15 OR YJ=14 OR YJ=12)) OR (XJ-I=B3 AND (YJ=10 OR YJ=9 OR YJ=7)) OR (XJ-I=B4 AND (YJ=5 OR YJ=4))) THEN LET SC=SC+10: BEEP .04
,36: BEEP .06,24
4225 NEXT I
4230 LET XJ=XJ-4
4235 PRINT AT YJ-2,XJ+1;" ";AT YJ-3,XJ+1;" "
4240 RETURN

```

**AMSTRAD : UN MOIS SUR DEUX**

Afin de tenir compte de l'évolution du matériel micro-informatique, et de répondre aux souhaits de nombreux lecteurs, nous vous proposerons dès le mois prochain, alternativement, un programme pour ordinateur Amstrad, et un programme pour ZX Spectrum.

(suite de la page 132) pas été ramassé, le passage au tableau suivant est interdit et le jeu sera donc rebouclé sur le tableau en cours. En cas contraire il sera possible d'escalader la dernière échelle et de parvenir ainsi sur le second tableau. Le décor sera planté en utilisant la sous-routine 3800 (ordre GOSUB 3800 de la ligne 8000).

De nouvelles valeurs sont données aux coordonnées du joueur et une nouvelle variable est utilisée : DF. Celle-ci permettra l'animation des ascenseurs et des gouttes d'eau. Le principe du déroulement du jeu sera identique à celui du tableau précédent hormis un test complémentaire destiné à vérifier si les ascenseurs ont été pris correctement et à modifier en conséquence la position verticale du personnage. Ce test est effectué des lignes 930 à 940 incluses. Inversement chaque fois que l'on quittera un ascenseur, un autre test sera effectué pour contrôler que la position choisie correspond bien à celle d'un étage.

Enfin, en 970 et 975, nous vérifierons que le personnage n'a été touché par aucune goutte d'eau. Dès que l'ensemble des bijoux aura été ramassé il sera possible de passer au troisième tableau, en empruntant l'ascenseur de gauche, réservé à la montée.

Pour la mise en place du décor du troisième tableau, nous utiliserons la sous-routine 3600. Le jeu se déroulera sur ce tableau, selon un principe identique à celui des précédents. Nous ne reviendrons donc pas dessus. Pour mener la mission à terme il vous faudra, après avoir ramassé les bijoux, atteindre le sommet de l'échafaudage.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier à condition d'utiliser correctement les mots-clés de l'ordinateur. Son adaptation sur le ZX 81 est possible à condition de supprimer totalement la présentation du jeu (lignes 10 à 325 incluses) et d'ignorer les instructions INK, BEEP, BORDER et PAPER. De plus il faudra choisir parmi les jetons graphiques standards de la machine

ceux qui seront le mieux appropriés pour figurer les divers éléments du décor et le personnage.

L'utilisation du jeu est également simple. Après avoir demandé RUN, Fernando tombe du haut de l'échafaudage et se retrouve en bas du premier tableau. Les flèches à droite et à gauche seront utilisées pour le déplacer horizontalement. La flèche vers le haut permettra, soit de sauter, soit de monter à une échelle, si Fernando se trouve au pied de l'une d'elles.

Précisons que pour pouvoir sauter il doit prendre de l'élan. Il faudra donc se déplacer horizontalement puis appuyer sur la flèche vers le haut pour que le saut soit obtenu. Ce dernier sera effectué suivant la direction de déplacement choisie. Le passage au dessus des flammes s'effectuera en sautant à n'importe quel instant. Il n'en va pas de même des haches. Celles-ci ne pourront être franchies qu'en position horizontale. Il sera donc nécessaire d'attendre le moment opportun.

Sur le deuxième tableau, il faudra sauter au moment précis où un ascenseur arrive, pour pouvoir l'emprunter. Il en sera de même pour le quitter au niveau d'un palier. Pour passer au tableau suivant il faudra, en premier lieu, avoir collecté l'ensemble des bijoux. Dès lors la hache venant barrer la montée de l'ascenseur vers le troisième tableau s'immobilisera en position haute. Il faudra donc emprunter cet ascenseur en se plaçant sur son côté

**DISPONIBLE SUR CASSETTE**

Les 6 premiers programmes de l'"Informatique amusante" sont maintenant disponibles sur une cassette. Elle peut être obtenue, par correspondance, au prix de 55 F (45 F + 10 F de frais d'envoi). Délai d'acheminement : 3 semaines. Elle peut également être retirée au siège de la revue. *Science & Vie, cassette Informatique amusante, 5 rue de la Baume, 75008 Paris.*

gauche, pour passer à côté de la hache. Fernando pourra ainsi atteindre le troisième tableau.

Sur celui-ci, les bijoux devront être récupérés en sautant par dessus les haches. Ici encore on ne pourra les franchir que lorsqu'elles seront en position horizontale. Ceci terminé il n'y aura plus qu'à monter au sommet de l'échafaudage.

Henri-Pierre PENEL △

**LES SAUTS DU DEUX-QUATRE**

**B**ernard Moricard, qui, fut ici, il y a quelques années, un puissant législateur dans l'univers des cavaliers d'échecs classiques, accepte avec générosité de répondre à l'appel d'un cavalier non orthodoxe : le 2-4.

Rappelons qu'il s'agit, dans cette brûlure, d'avoir un point de vue non directement stratégique sur les pièces qui sont utilisées dans le jeu d'échecs.

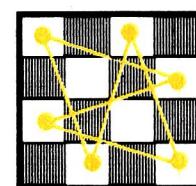
Notre but est d'abord d'évaluer comment un cavalier, par exemple, est capable d'occuper l'espace de son échiquier en sautant de case en case pour toutes les parcourir, sans repasser deux fois par la même.

Cette recherche qui a des origines extrêmement lointaines, s'est considérablement développée au dix-neuvième et au vingtième siècles, et a abouti à des résultats encore nouveaux au cours de ces dernières années.

Provisoirement, las de suivre dans ces explorations le traditionnel cavalier sautant la diagonale d'un rectangle 2-3, nous avions envisagé de pister d'autres sauteurs, dont celui qui caracole sur la diagonale d'un rectangle 2-4.

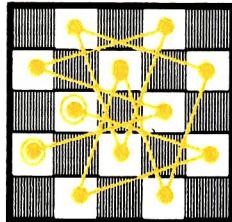
Ce sont ces traces que choisit de suivre et d'organiser Bernard Moricard.

Première observation : contrairement à son frère 2-3, le 2-4 reste sur une même couleur de case. Cela renouvelle le problème du parcours : toutes les cases ne seront pas visitées. Ainsi, sur l'échiquier 4 × 4 de la **figure 1**, le sauteur pouvait espérer visiter au maximum 8 cases, blanches ou noires. Il en visite en réalité 6, en laissant 2 inexploitées.



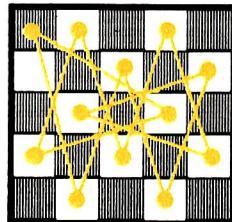
1 Sur l'échiquier 5 × 5, 13 cases noires ou 12 cases blanches tendent

leurs carrés. Or les noires ne peuvent accueillir que des circuits de 9 ou deux de 5, alors que les blanches s'accommodent aisément de circuits de 12. Celui de la **figure 2** est ouvert (son départ et son aboutissement ne sont pas à un saut l'un de l'autre) et Bernard Moricard indique que des variantes sont possibles. Lesquelles ?



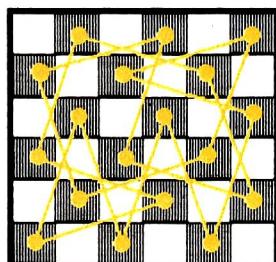
2

Le Carré de la **figure 3** est fermé et sa solution semble unique. Sauriez-vous trouver les parcours noirs simples en 9 cases, ou doubles en 10 cases ?

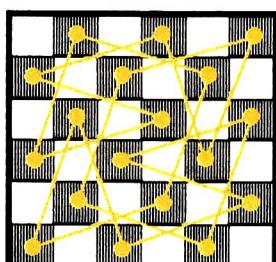


3

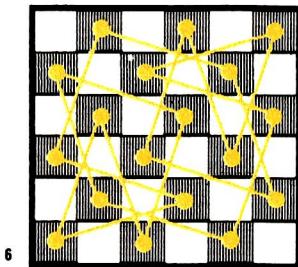
Sur l'échiquier  $6 \times 6$ , l'espace d'une couleur commence à être suffisant pour voir s'épanouir le circuit fermé de la **figure 4** et même les deux circuits fermés symétriques des **figures 5** et **6**.



4

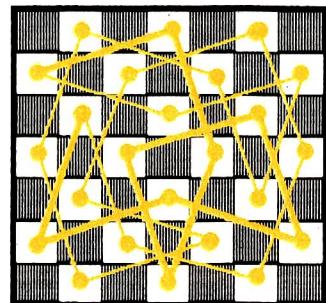


5

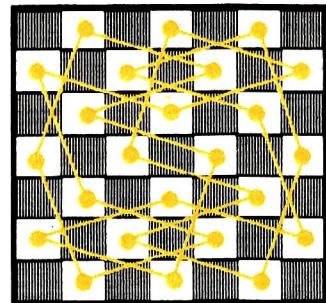


6

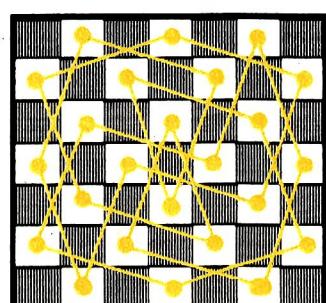
Sur les 49 cases de l'échiquier  $7 \times 7$ , le réseau des cases blanches admet des solutions complètes de 24 cases en circuit fermé (**figure 7**) et aussi fermé symétrique par rapport au centre : **figures 8** et **9**. Trouverez-vous des variantes de ces solutions ?



7

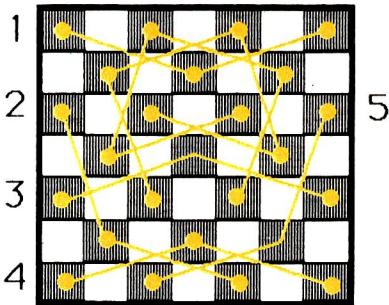


8

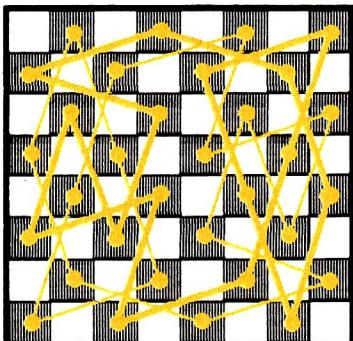


9

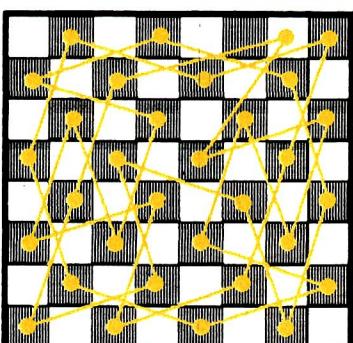
En revanche, les cases noires ne semblent pouvoir recevoir que des collections de petits circuits complémentaires, comme sur la **figure 10**. Trouverez-vous mieux ?



10



11



12

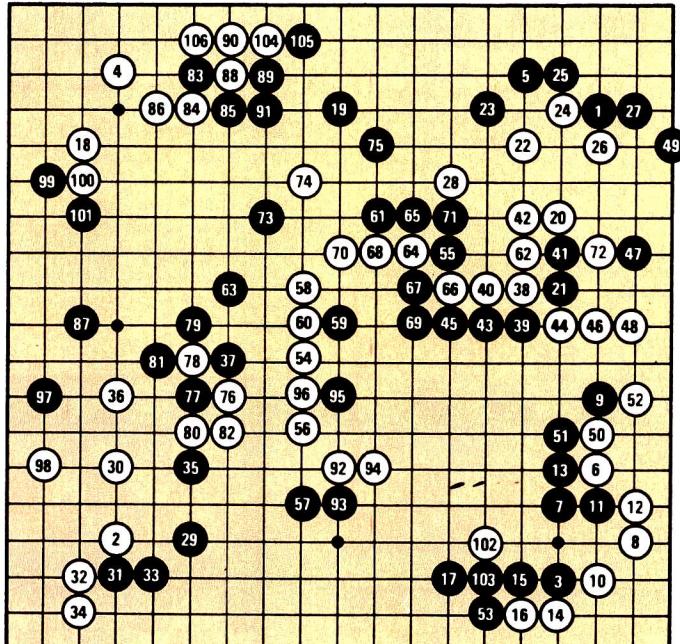
Ceci n'est qu'une première excursion. Il reste, comme l'a déjà fait Bernard Moricard, à aller plus loin sur le  $8 \times 8$  et à investir le  $9 \times 9$  (des circuits blancs de 40 cases, fermés et symétriques sont possibles !), et aussi, bien sûr, à animer les autres sauteurs sur tous ces échiquiers.

Pierre BERLOQUIN △

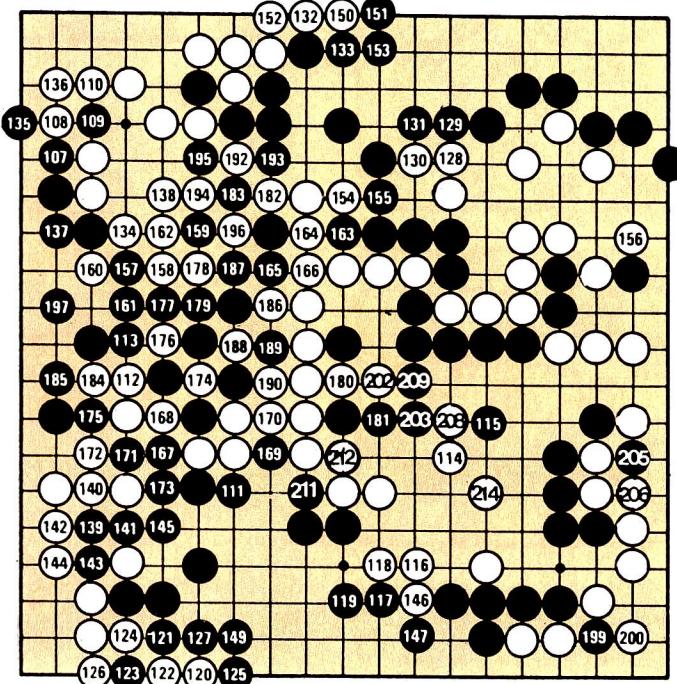
## LA CORDE RAIDE FINIT PAR CRAQUER

**A**près un *Fuseki*, où Kobayashi prend une dizaine de points dans le coin sud-est, en jouant

**Diagramme 1** : blancs  
Kobayashi,  
noirs Kato;  
33<sup>e</sup> Oza, 19  
septembre  
1985, Tokyo.  
Résultat :  
blanc  
abandonne  
après 215.  
Ici, coups 1 à  
106.



**Diagramme 2** : coups 107  
à 215. 148 en  
123, 191 en  
188, 198, 204,  
210 : "Kō" en  
192, 201, 207,  
213 ; "Kō" en  
183, 215 ;  
"Kō" en 159.



quatre fois sur la deuxième ligne (**diagramme 1**), tout le problème est de savoir comment Kato va utiliser son influence ; le blanc, avec la séquence 20-28, stabilise rapidement un premier groupe, provisoirement, mais le noir fait des points sur le bord nord, et, avec 29, se crée une nou-

velle zone d'influence imposante qu'il parachève avec 37.

Kato donne l'impression d'avoir une ligne de jeu relativement facile ; chaque séquence jouée par le noir crée de nouveaux problèmes au blanc : après 42, le noir choisit une nouvelle fois le centre et néglige la coupe en 44 ; 49 connecte la pierre 47 et le blanc doit jouer 50 et 52 et le noir peut fermer le bord sud en jouant 53. De nouveau le blanc doit faire quelque chose immédiatement et joue le coup d'érosion en 54 ; le noir, lui, prend son temps ; avec 55 il fait pression sur le groupe blanc nord-est, puis garde un territoire raisonnable avec 57 et garde les blancs séparés avec 61 ; le blanc, ensuite, est contraint de capturer deux pierres avec 72 puis il connecte d'urgence son autre groupe avec la séquence 76-82 ; mais cette connexion présente de sérieux défauts. Pendant ce temps le noir s'est encore enfoncé en capturant 78 et il peut prendre, naturellement, les gros points en 83, puis en 87 ; il sacrifice ensuite la pierre 83 ce qui lui fait gagner du temps pour diminuer les territoires blancs en ouest ; tout aussi naturellement, il fait apparaître un territoire noir sur le même bord ouest.

avec la séquence 104-106 le *Yose* est commencé.

**Diagramme 2.** 111 menace 167, mais à partir de ce moment-là le blanc n'a jamais le temps de répondre ; la partie est très serrée, à ceci près que l'épée de Damoclès de la coupe en 167 interdit au blanc d'espérer autre chose qu'un miracle ; après 156, c'est le moment : les coups préparatoires, de 157 à 165, interdiront la connexion blanche autrement que par un *Kō* qui commence avec 198.

Le problème est insoluble pour le blanc parce qu'il doit trouver des menaces intrinsèques — c'est-à-dire des menaces pour faire son groupe, alors que le noir peut jouer des menaces n'importe où sur le terrain, quelques points supplémentaires étant suffisants pour lui assurer une victoire confortable. Le blanc est rapidement à court de menaces et, après 215, tout son groupe central est mort. Le blanc n'a pas fait de faute et ce qui lui a coûté la partie, c'est l'erreur stratégique initiale. Ensuite il a été coincé entre l'alternative : laisser un groupe vulnérable ou perdre un temps décisif pour assurer sa sécurité.

Pierre AROUTCHEFF ▲

# **Vous aussi vous pouvez recevoir gratuitement votre petit livre** *nouveau* **“comment Parler avec aisance”**

“Depuis 20 ans je crée dans le désert : tout le monde peut apprendre à Parler. Répondez-moi et vous saurez comment.”

Maurice Ogier



**Il ne vous coûtera que le prix d'un timbre et vous dira :**

- **comment parler sans trac et maîtriser votre émotivité**
- **comment savoir toujours quoi dire en toutes circonstances**

**I**maginez-vous à la fin d'un repas avec des amis. Un mot vous remet en mémoire une bonne histoire ; vous la racontez sans trac plein d'humour ; les mots viennent facilement ; vous êtes le point de mire de tous. Vos amis étonnés vous écoutent admiratifs et à la fin vous applaudissent. Vous êtes heureux.

Une autre fois, invité à un mariage, on vous demande de faire un petit discours affectueux aux jeunes mariés ; plus tard dans la soirée, vous engagez la conversation avec des inconnus ; vous êtes sûr de vous, les mots coulent tout seuls, là encore on vous admire.

Vous êtes à l'aise avec les personnes de l'autre sexe et vous osez danser avec plusieurs. Puis le lendemain au travail vous téléphonez très à l'aise ; vous n'avez pas peur d'affronter les correspondants les plus difficiles.

Dans l'après-midi, vous prenez un micro, vous animez les ventes d'une voix ferme et persuasive qui attire la foule autour de vous dans un centre commercial.

Vous revenez dans votre entreprise pour participer à un pot et vous faites un petit discours avec brio : Parler vous fait plaisir. Le soir vous participez à la séance du conseil municipal où vous avez été élu pour représenter l'association dont vous êtes le président.

## **C'est plus facile que vous ne le pensez**

**NON** vous ne rêvez pas : dans quelques jours c'est Vous qui raconterez ces situations comme nous les racontent nos adhérents :

**24 heures après réception de la méthode il fait sa première conférence publique et la Réussit**

J'ai reçu le premier envoi de vos cours Audace et Parole dans la matinée du jeudi 23 novembre. Le 24 novembre, à partir de 18 h 15 je devais prendre la parole devant une centaine de personnes : professeurs, femme du prêtre... accompagnée d'un évêque. J'ai lu vos cours dans l'après-midi du 23 et dans la matinée du 24. Le soir j'étais beaucoup plus confiant... et tout se passe pour le mieux : je faisais une conférence pour la première fois de ma vie. Les gens et mes amis m'ont trouvé courageux et les comptes-rendus dans la presse furent acceptables. Nous referons cette conférence probablement dans une autre ville la semaine prochaine. M<sup>e</sup> F.S. Sainte-Marie

**Un représentant : tout le monde a les mêmes difficultés**

J'ai appris que les autres avaient les mêmes difficultés que moi ; j'ai beaucoup de clients à visiter, j'ai utilisé les méthodes que vous conseillez et elles m'ont aidé.

M<sup>e</sup> J.B. Vendôme

**Un médecin nous prenait pour des charlatans : sa vie est transformée**

Je dois avouer que votre méthode m'a été d'une extrême utilité, elle a transformé ma vie ; grâce à vous j'ai pu acquérir de l'audace, l'art de parler dans toutes les circonstances, sans parler d'une méthode de relaxation qui est sans doute des meilleures, et d'autres choses encore.

Au début, avant de m'inscrire à vos leçons, je n'avais pas confiance, je me disais : encore un de ces charlatans qui se fait de la publicité et qui veut tromper les gens pour faire du pognon avec des trucs éculés qui traînent partout et qu'il a glanés en réunissant le tout sous le nom de sa méthode.

Mais maintenant je me sens coupable d'avoir eu de telles pensées après avoir éprouvé votre méthode et ressenti ses bienfaits extraordinaires. Maintenant je parle partout autour de moi de la richesse de votre méthode. Je vous donne l'autorisation de publier cette lettre.

Docteur C.C. Bordeaux

**Une secrétaire : elle s'est débloquée, a maîtrisé son émotivité**

• Avec votre méthode, j'ai souvent mis en pratique et avec succès les pensées concernant le blocage. En effet, auparavant, j'arrivais toujours à constater que j'étais bloquée et mes efforts étaient vains pour faire cesser cette situation. Maintenant j'arrive à empêcher le blocage de m'étouffer et cela est très important, peut-être est-ce le plus important de cette méthode en ce qui me concerne. Sur le plan émotif : cela aussi est un chapitre capital car je dois toujours lutter contre ma grande émotivité et ma sensibilité extrême ; je parviens maintenant à m'améliorer et à avoir une certaine détente. M<sup>e</sup> A.B. Besançon

**Une vendeuse : sa personnalité s'est réveillée et elle parle en public avec un micro**

• Votre cours m'a aidée à sortir de ma coquille, je suis maintenant une autre personne, j'ai beaucoup appris, je parle maintenant en public avec un micro, j'en suis fière et contente. M<sup>e</sup> G.L. Fort-de-France

**Un étudiant : il parle clair et net, il a appris à se battre**

J'ai fait des progrès : pensées plus claires et plus précises ; je me fais comprendre ; caractère plus combattif ; j'ai appris à me battre ; plus calme ; plus réfléchi. Quand je décide une bonne prise de parole sur tel point précis, très nette amélioration. M<sup>e</sup> G.M.T. Braine

**C'est à votre portée : ça marche à tous les coups**

On vous a appris à vous taire : «on ne parle pas à table» ; du coup votre expression s'est bloquée, et vous en êtes malheureux.

Maintenant, pour la première fois, vous pouvez apprendre en 20 minutes par jour, le pouvoir magique de la Parole grâce à des techniques simples, plus directes que les anciennes ; c'est pourquoi elles sont accessibles à TOUS quels que soient votre âge et votre niveau d'instruction.

## **C'est absolument gratuit**

Si vous aussi vous désirez parler avec aisance, découpez votre bon de réservation ci-dessous et adressez-le dès aujourd'hui à l'Institut Français de la Communication. Vous recevrez par retour votre petit livre «Comment apprendre à Parler avec aisance». Il ne vous coûtera rien d'autre qu'un timbre.

Chaque minute passée à le lire vous remplira d'enthousiasme et de joie de vivre. Vous découvrirez en vous des atouts que vous ne vous connaissez pas, des moyens pratiques pour réussir vos études, votre profession, votre vie sentimentale et avoir beaucoup d'amis.

## **Pourquoi cette offre gratuite ?**

Les techniques infaillibles de la Parole ne doivent plus rester des Secrets réservés aux privilégiés. Tout le monde doit pouvoir en bénéficier pour être heureux. Découpez à l'instant même votre bon personnel de réservation du petit livre Gratuit pendant qu'il en est encore temps sinon vous risquez d'oublier.

Maurice Ogier

Institut Français de la Communication  
service P18 16 41  
6, rue de la Plaine, 75020 Paris.

parler avec aisance

**LIVRE GRATUIT**

Edition limitée

Envoyez-moi gratuitement «Comment apprendre à Parler avec aisance» sans aucun engagement ni démarchage. M.  Mme  Mlle

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

Institut Français de la Communication, service P18 16 41  
6, rue de la Plaine, 75020 Paris.

P 318/185

# MATER LES MATHS

« **DE LA MONTRE QUE NOUS PORTONS AU POIGNET,**

**A LA MOISSONNEUSE** qui assure notre pain quotidien, tout a été résolu par les mathématiques ; même la santé dépend du comptage d'un rayonnement ou du dosage moléculaire des médicaments. Et quand un ministre décide qu'il faut cesser de privilégier les maths dans l'enseignement, nous espérons qu'il ne s'agit que d'une mesure tempérée et qu'on ne va pas pour autant vouer les maths aux gémonies.

**D'**abord, ce ne sont pas les enseignants qui ont donné tant d'importance aux sciences exactes, mais la civilisation elle-même, avec les débouchés professionnels qu'elle offre ; ensuite ce ne sont pas les forts en thème, mais les forts en sciences qui ont fait avancer la civilisation.

Ceci explique sans doute qu'il n'y ait jamais eu autant d'ouvrages consacrés aux mathématiques, qu'ils traitent le sujet d'une manière générale ou qu'ils s'attachent à certaines branches particulières. Dans le premier groupe nous avons distingué *L'Univers mathématique* des Américains Davis et Hersh<sup>(1)</sup> parce qu'il regroupe tout ce qu'ont peut avoir envie de connaître sur le sujet sans trop savoir à qui le demander. Cela dit, ce n'est pas un traité de maths pour utilisateur, mais un livre que tout le monde peut aborder sans connaissance bien spéciale. Il est préférable de savoir ce qu'est un triangle équilatéral ou un ensemble totalement ordonné, mais à vrai dire ce n'est pas absolument nécessaire.

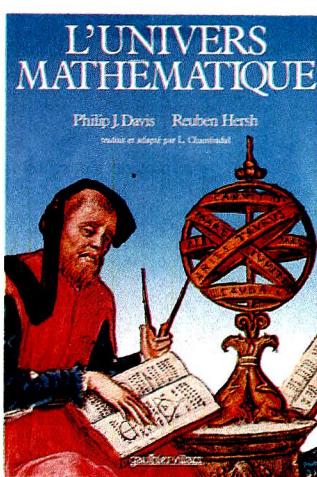
Ce que traitent Davis et Hersh, ce sont les mathématiques en grand : d'où viennent-elles, qui les a faites, quels sont les outils

du métier, à quoi servent-elles ? Car si les mathématiques sont avant tout un outil pour toutes les sciences, elles existent aussi par elles-mêmes puisque chacun en a une expérience qui peut être limitée à la comptabilité ménagère ou élargie aux dimensions de la mécanique céleste. Mais, qu'on les connaisse un peu (nul aujourd'hui ne peut en dominer toutes les branches) ou qu'elles soient une énigme pour beaucoup d'autres, les mathématiques sont un tout qui imprègne la pensée cohérente : le symbolisme, l'abstraction, la généralisation, les notions de structure

ou d'infini en viennent directement.

C'est un monde plein d'énigmes, de conjectures et d'imaginaires que les auteurs nous font parcourir dans un ordre logique, complètement accessible au profane tout en gardant le niveau nécessaire. Et cela mène le lecteur, vite passionné, à voir que les mathématiques ne servent pas seulement à faire des théorèmes pour le plaisir, ni à résoudre de manière purement utilitaire les problèmes des ingénieurs, mais qu'elles sont une véritable création artistique dont le but ultime est la simplification. Cela contredit l'opinion qui voit dans l'arithmétique ou la géométrie des choses pas simples du tout. Alors, ceux qui sont brouillés avec les chiffres mais aussi ceux qui les aiment pourront lire le petit volume de Georges Ifrah qui s'intitule justement *Les Chiffres*<sup>(2)</sup>, ou l'histoire d'une grande invention. Et c'est là qu'on voit comment la recherche de la simplicité dans le comptage nous permet aujourd'hui de manier les nombres avec une vitesse et une facilité qui auraient fait l'envie et l'admiration des plus grands rois de l'antiquité. De fait, les quatre opérations (+, -, ×, ÷) ont représenté pendant des dizaines de siècles un art

(suite du texte page 142)



(1) Gauthier-Villars, 400 p., 185 F.

(2) Laffont, 330 p., 92 F.

# L'ELECTRONIQUE VA VITE PRENEZ LE TEMPS DE L'APPRENDRE AVEC EURELEC



DDR B

**La radio-communication**, c'est une passion pour certains, cela peut devenir un métier. **L'électronique industrielle**, qui permet de réaliser tous les contrôles et les mesures, **l'électrotechnique**, dont les applications vont de l'éclairage aux centrales électriques, sont aussi des domaines passionnantes et surtout pleins d'avenir. Vous que la **TV couleur, l'électronique digitale** et même les **micro-ordinateurs** intéressent au point de vouloir en faire un métier, vous allez en suivant nos cours, confronter en permanence vos connaissances théoriques avec l'utilisation d'un matériel que vous réaliserez vous même, au fur et à mesure de nos envois. Ainsi, si vous choisissez la TV couleur, nous vous fournirons de quoi construire un récepteur couleur PAL-SECAM, un oscilloscope et un voltmètre électronique. Si vous préférez vous orienter vers l'électronique digitale et les micro-ordinateurs, la réalisation d'un ordinateur "Elettra Computer System" avec son extension de mémoire Eeprom, fait partie de notre enseignement. Quel que soit votre niveau de connaissance actuel, nos cours et nos professeurs vous prendront en charge pour vous amener progressivement au stade professionnel, en suivant un rythme choisi par vous. Et pour parfaire encore cet enseignement, avant de vous lancer dans votre nouvelle activité, Eurelec vous offre un **stage gratuit** dans ses laboratoires dès la fin des études. Mettez toutes les chances de votre côté, avec nous, vous avez le temps d'apprendre.

 **eurelec**

institut privé d'enseignement à distance

Rue Fernand-Holweck - 21100 DIJON  
Tél. (80) 66.51.34

## BON POUR UN EXAMEN GRATUIT

A retourner à EURELEC - Rue Fernand-Holweck - 21100 Dijon

Pour vous permettre d'avoir une idée réelle de la qualité de l'enseignement et du nombreux matériel fourni, EURELEC vous offre de recevoir, CHEZ VOUS, gratuitement et sans engagement, le premier envoi du cours que vous désirez suivre (comprenant un ensemble de leçons théoriques et pratiques et le matériel correspondant). Il vous suffit de compléter ce bon et de le poster aujourd'hui même.

Je soussigné : Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

DATE ET SIGNATURE :  
(Pour les enfants signature des parents)

Adresse \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_ Code postal \_\_\_\_\_

désire recevoir, pendant 15 jours et sans engagement de ma part, le premier envoi de leçons et matériel de :

- ELECTRONIQUE FONDAMENTALE ET RADIO COMMUNICATIONS**
- ELECTROTECHNIQUE**
- ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE**

● Si cet envoi me convient, je le conserverai et vous m'envirrez le solde du cours à raison d'un envoi en début de chaque mois, les modalités étant précisées dans le premier envoi gratuit.

- INITIATION A L'ELECTRONIQUE POUR DÉBUTANTS**
- ELECTRONIQUE DIGITALE ET MICRO-ORDINATEUR**
- TELEVISION NOIR ET BLANC ET COULEURS**

● Si au contraire, je ne suis pas intéressé, je vous le renverrai dans son emballage d'origine et je ne vous devrai rien. Je reste libre, par ailleurs, d'interrompre les envois sur simple demande écrite.

(suite du texte page 140)

obscur et complexe réservé à de rares initiés. Au départ il manquait tout : l'écriture, les symboles, la notation, le mode opératoire. Et surtout, il manquait le principal, en l'occurrence la nullité, c'est-à-dire le zéro, qui fut découvert par les Babyloniens il y a 2000 ans.

L'arithmétique qui fournit tant d'énigmes apparemment insolubles (comme la formule qui donnerait la suite des nombres premiers) c'est l'art du comptage, un art que Georges Ifrah, déjà mondialement connu pour son *Histoire Universelle des chiffres*, nous fait suivre depuis la préhistoire jusqu'à la numérotation transfinie du XX<sup>e</sup> siècle. Le livre se lit avec d'autant plus de plaisir qu'il est abondamment illustré de tous les symboles et de toutes les représentations qui ont lentement émergé au cours des millénaires, et sur la terre entière, pour compter et décompter.

Et pour ne pas se perdre dans les chiffres, un troisième livre à signaler, celui de Klatzmann justement intitulé : *Attention, statistiques !* (1). Une lecture savoureuse, disons-le tout de suite, car il est vrai que ce qu'on appelle statistiques renferme une fabuleuse collection de mensonges, d'erreurs, et d'interprétations abusives ou délirantes ; la statistique, branche des mathématiques, relève du calcul des probabilités, mais il ne faut pas la confondre avec le comptage : 15 000 morts sur les routes pour l'année, ce n'est pas une statistique, c'est un comptage. Par contre, l'indice des prix, l'espérance de vie ou la popularité du président, ce sont des valeurs probables, donc statistiques.

Peut-on vraiment leur faire dire ce qu'on veut ? Bien sûr, ce qui ne veut pas dire que la vérité ne soit pas quelque part. Le langage des statistiques c'est comme le flamand ou l'hébreu : il faut savoir le traduire pour en comprendre le sens. Telle école annonce 100 % de réussite au bac C ? Elle dit vrai : les deux seuls élèves de la section C avaient été reçus ; elle avait juste

oublié de mentionner qu'elle faisait surtout les séries littéraires.

Il y a aussi le mensonge pur : 50 millions d'hommes meurent de faim sur terre chaque année ou l'avortement tuait 15 000 Françaises par an avant la législation de l'IVG ; faux : toutes causes confondues, il y avait 48 millions de décès annuels pour toute la Terre, et 14 500 décès annuels de femmes entre 15 et 45 ans pour toute la France. Exemples extrêmes mais courants. Quand la politique ou le sensationnel s'en mêlent, le facteur de tricherie peut monter à 10, 100 ou 1 000.

Alors, pour y voir juste, lisons Katzmann. Et lisons-le d'autant plus volontiers qu'il est vraiment distrayant tout en faisant le point exact de ce qu'on doit croire et ne pas croire dès qu'il est question de statistiques.

Renaud de LA TAILLE

CECILE BEURDELEY

### SUR LES ROUTES DE LA SOIE

Seuil-Office du Livre, Fribourg, album 224 p., 224 ill., 400 F.

Les interactions des échanges politiques, économiques et culturels sont un postulat incontesté de l'histoire. Une conquête politique est aussi culturelle (et pas toujours dans le sens conquérant → conquis), une conquête culturelle est toujours suivie d'effets économiques et politiques. Mais la réalité des échanges anciens entre l'Occident et l'Extrême-Orient est, elle, contestée. Dans *L'homme et la matière*, Leroi-Gourhan écrit ainsi que « l'argument irréfutable serait la découverte d'un seul objet chinois importé au Moyen Âge ». Cette sorte de défi était peut-être un peu tranchant : on savait ainsi depuis longtemps que les Romains se fournissaient de soie chinoise. Mais enfin, il a été relevé par Cécile Beurdeley dans l'un des ouvrages les plus pertinents et décisifs de l'histoire des échanges culturels, pourtant fournie.

L'auteur a retrouvé, en effet, des vases chinois *hu*, de l'époque des Royaumes Combattants (475-221 av. J-C), récupérés dans des fouilles à Canterbury, en Angleterre, où ils avaient été importés au I<sup>e</sup> ou II<sup>e</sup> siècle de notre ère, une gourde chinoise du VII<sup>e</sup> siècle à motifs nettement hellénistiques, qui témoigne

que la pénétration de la culture grecque en Asie ne s'arrêta pas à la mort d'Alexandre, une plaque arabe du VIII<sup>e</sup> siècle découverte en Suède où elle aurait été importée à la même époque à peu près, bref, une foule de preuves formelles d'échanges économiques et culturels entre l'Europe et l'Asie bien avant le Moyen Âge. Les cartes des grandes routes commerciales, qu'elle reproduit dans son ouvrage, témoignent de la densité et de l'ampleur des voyages dans les siècles qui précédèrent l'établissement des grands empires coloniaux.

Les Vikings remontaient les fleuves russes, le long desquels ils rencontraient des musulmans au VIII<sup>e</sup> siècle, les Cinghalais remontaient auparavant le Golfe persique et poussaient jusqu'à Constantinople. Il existait des relations commerciales entre des points aussi éloignés que Zanzibar et Palerme, Venise et Samarcande.

L'un des grands itinéraires commerciaux, celui que reprit plus ou moins Marco Polo au XIV<sup>e</sup> siècle, fut celui qui était emprunté par les marchands d'Asie allant vendre de la soie en Europe. Dès le premier siècle, les Romains portaient ainsi des robes de soie chinoise. Certains artisans astucieux faisaient d'ailleurs « d'une pièce deux coups », en effilochant des tissus chinois pour les retisser avec du lin, fabriquant ainsi de la soie grège. Ce ne fut qu'au V<sup>e</sup> siècle que la sériculture s'instaura en Europe, grâce à l'importation clandestine, à Byzance, de vers à soie, réduisant les exportations chinoises. Entretemps, la Route de la Soie (que les Nations Unies proposent actuellement de pavé, car les pistes existent encore) était devenue dangereuse et l'extension de l'empire musulman avait réduit les échanges commerciaux par cette voie-là. Mais les relations commerciales se firent par d'autres routes et portèrent sur bien d'autres matières précieuses que la soie : verreries, porcelaine, gemmes, métaux précieux, porcelaines, bronzes, tapis, etc.

Il s'agit donc bien d'une découverte fondamentale qu'a fait Cécile Beurdeley. Elle appelle une révision extensive de l'histoire des rayonnements culturels pendant au moins les dix premiers siècles de notre ère. L'ouvrage, luxueusement édité, comporte un très grand nombre d'illustrations d'objets inconnus et d'autres, connus seulement de spécialistes. Le texte est d'une constante clarté.

Gérald MESSADIÉ

(suite du texte page 144)

# une étonnante performance de mémoire que vous pouvez réaliser

*Comment j'en ai appris le secret un certain soir et comment cela m'a si souvent servi depuis*

En me rendant ce soir-là, chez mes amis Leroy, je n'aurais jamais pu imaginer que cette invitation aurait pour effet d'augmenter mes revenus de 80%. Voici comment les choses se sont passées: après le dîner, lorsque la conversation commençait à se traîner, quelqu'un fit la proposition classique de demander à chaque invité de dire ou de faire quelque chose. Certains chantèrent, un autre fit une imitation, etc. Lorsque le tour de Jacques Derval arriva, il dit qu'il allait faire une expérience et qu'il espérait que nous l'apprécierions: il me choisit comme assistant. Tout d'abord, il demanda qu'on lui bande les yeux pour éviter toute supercherie.

## On lui dicta

### 20 nombres de 4 chiffres

Puis il pria chacun des invités de dicter des nombres quelconques de 4 chiffres: 2437, 8109, 1126, et ainsi de suite, jusqu'à 20 nombres. Il m'avait prié de noter les nombres au fur et à mesure qu'ont les citait. Lorsque ce fut terminé, Derval étonna tout le monde en récitant les 20 nombres de 4 chiffres dans l'ordre où on les avait donnés, puis dans l'ordre inverse. Puis il pria qu'on l'interroge sur l'ordre des nombres dans la liste: quel est le 7<sup>e</sup> ou quel est le 12<sup>e</sup>? Instantanément il citait le nombre correspondant à son rang dans la liste. Il le fit et le refit sans jamais se tromper.

## Il se rappelait les

### 52 cartes dans leur ordre

Alors pour nous étonner davantage, Derval nous demanda de prendre un jeu de cartes, de le mélanger et de lui citer les cartes dans l'ordre où elles tombaient. Lorsque les 52 cartes furent effeuillées, il les cita sans la moindre erreur, dans leur ordre, exactement comme s'il avait eu le jeu sous les yeux. Et, comme avec les nombres, il pouvait nous indiquer sans jamais se tromper la 8<sup>e</sup>, la 35<sup>e</sup> ou la 47<sup>e</sup> carte du jeu.

Vous imaginez notre étonnement. Voir cela sur une scène de music-hall est toujours intéressant, mais voir une pareille performance effectuée par un jeune cadre d'entreprise dont ce n'est pas le métier, avait de quoi stupéfier.

### Il m'expliqua comment il avait acquis une telle mémoire

Après avoir quitté nos amis, je demandai à Derval comment il avait pu acquérir cette mémoire étonnante. Il me dit qu'il n'y avait rien là-dedans de magique, mais simplement une technique de mémorisation que n'importe qui peut acquérir en quelques jours. Il m'expliqua que tout le monde a de la mémoire, mais que peu de gens savent s'en servir. «Oui, tout le monde peu réaliser les expériences que j'ai faites, en suivant simplement quelques règles faciles.» Alors il m'expliqua comment on doit procéder et comment il avait acquis une mémoire prodigieuse.

### Je pus réaliser les mêmes performances

Je ne m'imaginais pas les conséquences que cette conversation aurait pour moi. Je suivis le conseil de Derval et rapidement je fus en mesure de réaliser les mêmes expériences que lui. Je m'aperçus qu'en dehors de ces prouesses, ma mémoire pouvait me rendre d'inestimables services et que grâce à elle j'avais acquis cette vivacité d'esprit que j'avais souvent admirée chez ceux qui «réussissent».

### Ma mémoire assura ma réussite

Ma conversation, par exemple, fut transformée; simplement parce que je pouvais à tout moment retrouver dans ma mémoire un chiffre important, faire un citation correcte, me souvenir des

noms, des événements et des dates, des articles que j'avais lus, bref de tout ce qui distingue un causeur intéressant d'un bavard brouillon. Je ne tardai pas à être remarqué par le Président de ma société qui me dit; «Ce qui me plaît chez vous, c'est que vous pouvez toujours répondre instantanément à une de mes questions, tandis que beaucoup d'autres s'embrouillent ou disent qu'ils vont faire les recherches nécessaires.»

Faut-il dire que je le devais à mon excellente mémoire et que cela s'est traduit par une amélioration substantielle de ma situation? Aujourd'hui elle est vraiment très supérieure à celle que j'avais le jour où Derval m'a encouragé à développer ma mémoire.

### Comment retenir tout sans effort

Ce que j'ai appris ce soir-là, vous pourrez le lire dans la brochure qui vous est offerte ci-après. Vous y verrez que non seulement votre mémoire est capable de faire des expériences comme celles dont nous avons parlé, mais que des techniques simples permettent de retenir facilement des centaines de dates de l'histoire, des formules scientifiques ou mathématiques, des milliers de notions d'économie, de droit ou de médecine, l'orthographe ou les langues étrangères. Vous pourrez également retenir sans effort et sans erreur les noms et les visages, les rendez-vous, les tarifs, horaires, barèmes, les codes des 95 départements, celui des villes, les numéros de téléphone, bref, tout ce que vous souhaitez vous rappeler.

Si vous voulez acquérir la mémoire parfaite dont vous avez besoin, voici une occasion inespérée. Demandez la brochure offerte ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement vous pouvez bénéficier d'un avantage supplémentaire exceptionnel.

Pierre Deligne

## GRATUITS!

### 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon et adressez-le au Service M14P, Centre d'Etudes, 1, avenue Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris. Veuillez m'adresser le livret gratuit «Comment acquérir une mémoire prodigieuse» et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais. (Pour pays hors d'Europe, joindre 5 coupons-réponse.)

Mon nom: ..... Prénom: .....  
(en majuscules S.V.P.)

Mon adresse: .....

Code postal: ..... Ville: .....

**TECHNOPOLIS (science et vie)***Autrement, 253 p., 75 F.*

Le dernier numéro de cette revue est consacré aux technopoles et parcs scientifiques dans le monde. En lui donnant un titre à résonances utopiques, *Technopolis*, les directeurs de ce dossier ont voulu dresser le décor complet du nouvel enjeu international: la création de cités scientifiques du futur.

Sous le vocable "technopole" est un objectif: rassembler les entreprises novatrices, les laboratoires de recherche de pointe et les centres de formation supérieure dans un climat agréable et au sein d'un site aménagé. La réalité du terme couvre une tendance qui va du Japon aux Etats-unis en passant par l'Europe. Une même volonté en amène les incarnations: réussir l'entrée dans le XXI<sup>e</sup> siècle.

Yan de Kerorguen et Philippe Merlant, assistés de spécialistes de la "chose technopolitaine", racontent ici la genèse de ces villes et leurs voyages dans ces pôles d'excellence, en fait dans « un monde cosmopolite unifié par l'intelligence et la réussite, le silicium et les éprouvettes ».

Les articles introduisent aux questions posées par le développement technologique: la formation par la recherche, l'animation scientifique, les transferts de technologie, l'essaimage des cadres, l'incubation d'entreprises, le capital-risque...

On y apprend que ce n'est plus la Silicon Valley qui fait référence en matière d'excellence, mais le Research Triangle Park, en Caroline du Nord; ou que Kumamoto est le bastion de l'électronique japonaise produisant 40 % des circuits intégrés du Japon et constituant une « forêt de biotechnologie ». On entre aussi à l'Hérit Watt Research Park, créé à l'initiative exclusive d'une université, et qui accueille uniquement des entreprises se consacrant à la recherche et au développement. D'autres voies mènent en Italie, en Suède, enfin en France, où les auteurs ont poussé plus loin leurs investigations. Comment peut-on vivre dans une cité entièrement asservie à la technologie, à la science et à l'entreprise ?

Au passage, l'on s'initie au vocabulaire technopolitain: "pépinières, éclosières, nurseries, couveuses..." Mais le plus intéressant de l'ouvrage est sans doute le parti pris de la distance, pour ne pas dire, dans le jargon à la mode, "distanciation".

L'éditorial annonce que « ce dossier traite autant de l'effet technopolis que de leur réalité. Fallait-il ne parler que de l'existant, du palpable, du chiffrable ? Comme tout phénomène nouveau les technopoles engendrent une inflation de discours. Soit... mais si l'on prenait à la lettre toutes ces belles paroles ? Si on leur reconnaissait d'emblée une portée prophétique ? »

Au cœur de *Technopolis*, un nouveau capital: la matière grise, ou première. C'est elle qui fera des technopoles de vrais diffuseurs des nouveaux comportements techniques et industriels. Mais il n'est point besoin d'être supérieurement intelligent pour aborder la lecture du livre, l'accès en étant facile.

**PS :** Les éditions Autrement organisent un colloque international à Bruxelles, en collaboration avec la Direction générale de l'information de la communication et de la culture, sur le thème « L'Europe de la science et de la technologie, informer et communiquer » les 20 et 21 février 1986.

Pour les inscriptions s'adresser à Anne Cartier: Ed. Autrement, 4 rue d'Enghien 75010 Paris. **Anna ALTER**

**GEORGES CUVIER****DISCOURS SUR LES RÉVOLUTIONS DE LA SURFACE DU GLOBE***Christian Bourgois, 335 p., 70 F.*

Les éditions Christian Bourgois ont eu l'heureuse initiative de rééditer quelques grands textes scientifiques devenus introuvables.

Celui du célèbre ouvrage de Georges Cuvier s'imposait, car Cuvier fut et reste un astre de premier ordre au firmament de la biologie, malgré son acharnement contre l'évolutionisme. En effet, Cuvier est l'un des fondateurs de la paléontologie et de l'anatomie comparée.

Dans son discours, Cuvier soutient l'idée des catastrophes qui auraient détruit à plusieurs reprises les êtres vivants pour qu'ils fussent créés à nouveau. Il essaie ainsi de mettre d'accord sa science des fossiles avec ses conceptions sur la fixité des espèces biologiques, voire avec la Bible. Selon lui, la dernière catastrophe ne serait autre que le Déluge...

A la question des transformistes d'alors « pourquoi les races actuelles... ne seraient-elles pas des modifications de ces races anciennes que l'on trouve parmi les fossiles... », Cuvier considère qu'on « peut leur ré-

pondre, dans leur propre système, que si les espèces ont changé par degrés, on devrait trouver des traces de ces modifications graduelles... »

Tout en plaidant pour l'invariabilité des espèces et contre le transformisme, Cuvier reconnaît toutefois que les variétés à l'intérieur d'une espèce peuvent se modifier sous l'influence du milieu: « En prenant ainsi la variété, nous observons que les différences qui la constituent dépendent de circonstances déterminées, et que leur étendue augmente avec l'intensité de ces circonstances ». Parmi ces changements, Cuvier range ceux dus à la domestication, dont « les effets les plus marqués de l'influence de l'homme se montrent sur l'animal dont il a fait le plus complètement la conquête, sur le chien... »

En dépit de ses tentatives de conciliation du transformisme et du fixisme, à l'intérieur d'une espèce biologique, Cuvier reste fidèle au fixisme quand il écrit: « Où était donc alors le genre humain ? Ce dernier et ce plus parfait ouvrage du Créateur existait-il quelque part ? »

Depuis ces lignes, datant du premier quart du XIX<sup>e</sup> siècle, les découvertes de fossiles humains — comme ceux d'autres animaux — plaident suffisamment en faveur de l'évolutionnisme. Si la théorie des catastrophes, ou des révolutions de la surface du globe, telle qu'elle fut formulée par Cuvier, n'est pas retenue par la science actuelle, on peut, malgré cela, l'interpréter dans un sens plus contemporain en considérant que les catastrophes qui auraient produit, par exemple, l'extinction des dinosaures ou d'autres secteurs de la faune et de la flore, ont permis, en vidant certaines niches écologiques, le développement d'autres espèces.

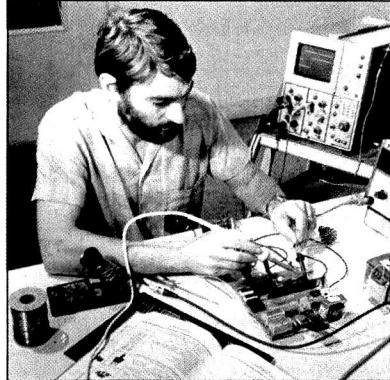
Ce livre, outre son intérêt historique, représente donc une référence dans les discussions scientifiques d'aujourd'hui.

**Denis BUCAN****Drs HOSANNA, LE COZ, MÉDIONI, PICHARD****MÉSOTHÉRAPIE, MÉDECINE DE POINTE***Dangles, 182 p., 89 F.*

Michel Pistor (un nom plein de piston !) est l'inventeur de la mésothérapie, injection locale de produit par seringue, justement, à piston. Si son premier malade, un cordonnier asthmatique et sourd, fut

*(suite du texte page 746)*

# Une formation pour un emploi



## ELECTRONIQUE AUTOMATISMES

Accessible à tous

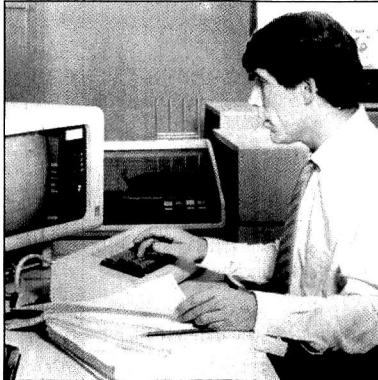
- Electronicien
- C.A.P. électronicien
- Monteur en systèmes d'alarmes

### Niveau B.E.P.C. (ou C.A.P.)

- Technicien électronicien
- Technicien de maintenance en micro-électronique
- Technicien en micro-processeurs
- B.P. électronicien
- Technicien en automatismes

### Niveau Baccalauréat

- B.T.S. électronique
- Technicien en robotique
- Assistant d'ingénieur en électronique



## INFORMATIQUE MICRO-INFORMATIQUE

Accessible à tous

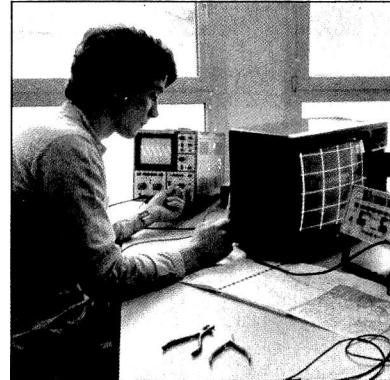
- Opératrice de saisie
- Initiation à l'informatique

### Niveau B.E.P.C. (ou C.A.P.)

- Opérateur(trice) sur ordinateur
- Programmeur
- Assistant(e) en informatique
- Programmeur sur micro-ordinateur
- Initiation à la programmation Basic

### Niveau Baccalauréat

- Analyste programmeur micro
- Analyste programmeur
- BTS. informatique
- Technicien de maintenance
- Technico-commercial en informatique



## ELECTRICITE RADIO TV HI-FI

Accessible à tous

- Installateur dépanneur électroménager
- Monteur dépanneur radio TV Hi-Fi

### Niveau B.E.P.C. (ou C.A.P.)

- C.A.P. électrotechnique
- Technicien vidéo
- Technicien radio TV Hi-Fi
- Technicien en sonorisation
- Electricien d'entretien

### Niveau Baccalauréat

- Assistant d'ingénieur électricien

Choisir un métier d'avenir, avoir une qualification, aujourd'hui c'est important.

Educatel, fort de ses 25 ans d'expérience dans la formation professionnelle des adultes, vous propose d'apprendre en quelques

mois, grâce aux cours par correspondance, le métier qui vous convient le mieux.

Pour recevoir gratuitement une documentation complète sur le métier qui vous intéresse, renvoyez ce bon après l'avoir complété.



## Bon pour une documentation gratuite

OUI, je souhaite recevoir sans aucun engagement une documentation complète sur le métier qui m'intéresse.

M.  Mme  Mlle

NOM ..... Prénom .....

Adresse : N° ..... Rue ..... Code postal ..... Localité ..... Tél. ....

Pour nous aider à mieux vous orienter, merci de nous donner tous les renseignements ci-dessous :

Age ..... (il faut avoir au moins 16 ans pour s'inscrire) - Niveau d'études .....

Si vous travaillez, quelle est votre activité actuelle ? .....

Si vous travaillez, quelle est votre situation ?  Etudiant(e)  A la recherche d'un emploi

Femme  Autres .....

Merci de nous indiquer

le métier ou secteur

qui vous intéresse :

Envoyez-nous ce Bon dès aujourd'hui sous enveloppe à l'adresse suivante :

**EDUCATEL - 3000 X - 76025 ROUEN CEDEX**

Pour Canada, Suisse, Belgique : 49, rue des Augustins, 4000 Liège (Belgique)

Pour DOM-TOM et Afrique : documentation spéciale par avion.

« Si vous êtes salarié(e), possibilité de suivre votre étude dans le cadre de la Formation Professionnelle Continue. »

**Renvoyez-nous ce Bon dès aujourd'hui.  
Vous ne vous engagez à rien... et c'est un  
geste tellement important pour votre avenir!  
Vous pouvez aussi nous appeler à Paris au :**  
**(1) 42.08.50.02.**



G I E Unieco Formation  
Groupement d'écoles spécialisées  
Etablissement privé d'enseignement  
par correspondance soumis au contrôle  
pédagogique de l'Etat

**Educatel - 1083, route de Neuchâtel - 3000 X - 76025 ROUEN CEDEX**

(suite du texte page 144)

guéri — momentanément — de la surdité en même temps que de sa maladie respiratoire, c'est, assure-t-on, grâce à la "piqûre". Tous les sourds de la région (c'est écrit en toutes lettres dans le livre) viennent se faire guérir par voie locale de leur... douleurs articulaires par cette médecine évidemment "de pointe".

Qu'est-ce qui distingue la mésothé-

rapie des autres "médecines douces"? C'est la seule qui cherche une justification scientifique, dans l'embryogénèse (mésoderme, ectoderme et endoderme sont, de fait, les trois mamelles conceptuelles de la mésothérapie). On peut toujours se soumettre à des traitements multi-punctiformes et se faire transpercer de délicieuses aiguilles. La mésothé-

rapie n'a pas encore été exposée au feu de la critique scientifique. A ce moment-là... En attendant, on peut "utilement" s'informer sur ses indications et ses incidents. Les auteurs ont peut-être eu tort d'être si précis: leurs clients finiront par se piquer tout seuls et faire de la mésothérapie... sans mésothérapeutes.

Jean-Michel BADER

## AUTRES LIVRES REÇUS

Jean-Marie Homet

### **Le retour de la comète**

*Imago*, 214 p., 110 F

Cet ouvrage se distingue de ceux qui suivent par son objet tout à fait particulier: au lieu de s'intéresser à l'investigation scientifique des comètes, il préfère dresser une étonnante fresque des croyances et superstitions qui s'y rapportent, depuis 2 250 ans que les hommes les observent. Signes divins dans le ciel, les comètes sont tantôt bénéfiques (elles indiquent aux rois mages l'emplacement de la crèche, ou à une autre époque, un vin exceptionnel), mais plus sûrement néfastes dans l'esprit des hommes. Ce sont elles qui annoncent aux princes la chute de leurs dynasties, la peste au peuple, les bains de sang qui suivent les prises des cités. La dernière des paniques (une bien petite panique, d'ailleurs) eut lieu en 1910. Quelques filous vendirent des pilules de la comète, pour prévenir on ne sait quels maux. Des gens eurent peur d'être asphyxiés par les gaz de la queue... Il est plus que probable que le passage de 1986 ne causera aucun émoi pareil, si ce n'est dans quelques cabinets de voyantes.

Jean-René GERMAIN

Paolo Maffei

### **La comète de Halley : une révolution scientifique**

*Fayard*, 504 p., 189 F

Paolo Maffei, un des pionniers de l'astronomie infrarouge, s'attache ici, et avec le secours d'une illustration particulièrement soignée, à démontrer que les passages de la comète de Halley ont toujours été des événements scientifiques de première grandeur. Par chance, la périodicité de la comète de Halley a fait coïncider son dernier passage avec l'avènement de la photographie et de la spectrographie, et le passage actuel, avec la possibilité de réaliser

des mesures *in situ* grâce aux sondes spatiales. L'auteur de cet ouvrage explique ce que l'on attend des sondes actuelles pour connaître la structure exacte du noyau, vestige de la nébuleuse solaire primitive. J.-R.G.

Patrick Moore et John Mason

### **Le retour de la comète de Halley**

*Londres*, 146 p., 98 F

Écrit par un vétéran de la vulgarisation astronomique américaine, cet excellent ouvrage comporte des chapitres historiques sur Halley et les conditions qui l'amènent à établir la périodicité de sa comète. La mécanique classique expliquant le mouvement des comètes dans le système solaire, ainsi que les relations entre les comètes et les essaims de météorites y sont amplement développées. A noter également, les tableaux sur les passages historiques de la comète de Halley, ainsi que des cartes célestes très précises (extraits de l'Atlas Norton) pour identifier la comète sur le fond des étoiles.

J.-R.G.

A.C. Levasseur-Regourd et Ph. de La Cotardière

### **Halley, le roman des comètes**

*Denoël*, 290 p., 128 F

Si l'on excepte la traditionnelle partie historique, ce "roman des comètes" se distingue des autres par son approche résolument contemporaine des phénomènes cométaires. On ne pouvait en attendre moins d'un auteur qui est responsable de deux expérimentations embarquées à bord de la sonde européenne *Giotto* qui doit rencontrer la comète de Halley en mars prochain. Cela explique également pourquoi les passages traitant des missions spatiales vers les comètes, et de l'interaction des comètes avec le milieu interplanétaire sont particulièrement

développés. L'amateur trouvera également les informations indispensables pour tenter de voir cette visiteuse céleste.

J.-R.G.

## Géant,

### **l'Encyclopédie des curieux**

*Cil*, album n. & coul., 473 p., 99 F

Ce gros album répond à la définition en cours de "science populaire". Il se propose aussi de répondre à un certain nombre de questions que l'on peut être amené à se poser dans la culture contemporaine: quel est le métal le plus lourd du monde (l'iridium)? Le triangle des Bermudes est-il dangereux (oui, pour les auteurs)? Qu'est-ce qu'une centrale géothermique? Qu'est-ce que le laser? etc. Les réponses sont courtes, réduites à l'essentiel, ce qui vaut mieux, pour bien des gens, que l'ignorance. Quelques faiblesses parviennent cependant à se faire sentir, mais elles sont rares et légères. L'ensemble est très bien fait et bien documenté. Un livre à recommander à tous les amateurs de connaissances générales. G.M.

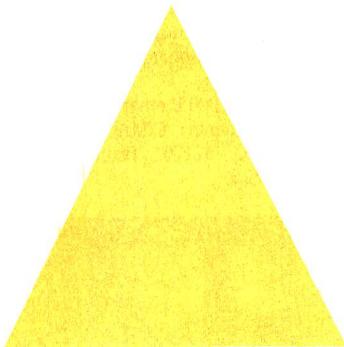
Dougal Dixon et Jane Burton

### **Le temps des dinosaures**

*Seghers*, album ill. n. & coul., 96 p., 100 F

Il y a eu beaucoup de livres sur les dinosaures, celui-ci est exceptionnel. Il est, en effet, présenté sous la forme de photos prises sur le vif d'animaux disparus il y a des millions d'années! L'illusion a été obtenue en plaçant des dinosaures reconstitués et démontés maquillés dans un environnement ressemblant de près à celui qui fut le leur. Bagarres de deinonychus, envols de ptérodactyles, les effets réalisés par la photographe Jane Burton forcent l'admiration. La flore n'est pas oubliée, les hypérodapédon se prélassent parmi des prêles de l'époque, les thécodontosaures, parmi des fougères et des cycas appropriés. Un livre qui enchantera plus d'un et de tout âge.

G.M. ▲



---

## MOTO-AUTO

### **UN NOUVEAU VÉHICULE EST NÉ**

**D**e sa naissance à nos jours la moto a connu une impressionnante évolution, alors que le side-car, lui, n'a que très peu intéressé les concepteurs, si l'on excepte la compétition où ces machines, les "bassets", offrent un spectacle acrobatique avec le passager, le "singe", sortant du panier dans les virages.

Avec son nouveau side-car de tourisme Domani, Krauser a transposé un véhicule de compétition pour l'adapter à la circulation courante. Mû par le nouveau moteur BMW, 4 cylindres 4 temps, le Domani est long de 2,80 m, large de 1,55 m et mesure à peine plus de 1,20 m de hauteur. La carrosserie est réalisée entièrement en kevlar et les trois roues sont de type automobile. Muni d'une boîte cinq vitesses, d'un entraînement par cardan et d'un frein à main,

(suite du texte page 148)

ce qui est rare pour un side-car, le Domani atteint 200 km/h.

Néanmoins, on ne peut plus parler de panier adapté sur une moto, et le terme de side-car semble vraiment inapproprié. D'ailleurs, le Domani a été homologué dans la catégorie

voiture en Allemagne, même si le pilote est pratiquement couché sur cet engin.

Prix: 120 000 F environ. Pour tous renseignements: CIMAC, Zone industrielle, 67170 Brumath, tél. 88 51 00 12.

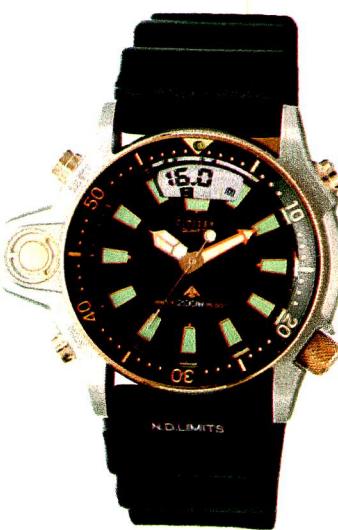


## HORLOGERIE

### PREMIÈRE MONTRE SOUS-MARINE MULTIFONCTIONS

**C**itizen commercialisera, au début de 1986 au Japon, l'Aqualand, une montre bracelet électronique, utilisable en plongée sous-marine et groupant plusieurs fonctions. Elle résiste à 80 atmosphères de pression.

Outre l'heure, elle donne la profondeur de plongée, de 1 à 80 mètres, par affichage numérique, une alarme sonore lorsque la profondeur ou le temps de plongée autorisé est atteint, le temps total et la profondeur de plongée lorsque l'utilisateur descend à plusieurs reprises sous l'eau, le temps passé à l'air libre entre deux plongées (maximum 59 minutes et 59 secondes) et la durée d'utilisation atteinte par les piles (celles-ci, au nombre de 3, sont du type à l'argent et conçues pour durer 2 ans). Cette dernière information sur les piles



## BRICOLAGE

### POLYSTYRÈNE, POLYURÉTHANE : UNE MÊME COLLE

**E**n corniches, moulures, appliques, poutres, dalles de plafond, etc., polystyrène et polyuréthane sont de plus en plus proposés et utilisés pour la décoration, afin de donner du caractère et du relief.

D'apparence identique pour le consommateur, mais de composants très différents, ces deux matériaux exigeaient jusqu'ici des colles distinctes.

Le problème est désormais résolu avec l'arrivée d'une nouvelle colle mise au point par Quelyd Decor, la colle contact polystyrène-polyuréthane, qui assure une prise ultra-rapide dès le contact de ces deux matériaux. Le temps de prise est en effet limité à 5 minutes, ce qui permet de coller des poutres-decorations sans devoir étayer...

Prix: 43 F le bidon de 750 ml, 200 F celui de 5 l. Pour tous renseignements: Service conseil, Quelyd Decor, BP 103, 91102 Corbeil, tél. : (1) 64 96 00 00.

doit permettre de les changer à temps afin d'éviter une panne durant la plongée.

Divers dispositifs de sécurité sont également prévus pour éviter les erreurs de lecture en plongée.

Le unités électroniques de l'Aqualand utilisent un circuit intégré du C-MOS-LSI.

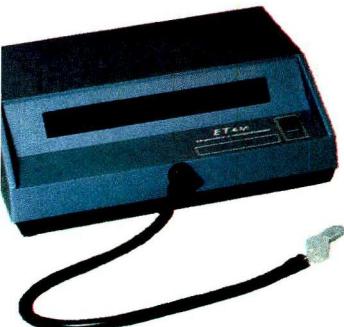
Date d'importation et prix non encore fixés.

▲ La société **Plexi-Look** réalise des portraits électroniques par ordinateur d'après photo ou à partir d'une bande vidéo. Ces portraits sont gravés sur plexiglas en quelques minutes. Prix: de 100 à 185 F. Pour tous renseignements: Plexi-Look, 10 rue Brantôme, Quartier de l'Horloge, 75003 Paris.

## AUTOMOBILE

L'ALCOOTEST ÉLECTRONIQUE  
ÉLIMINE LA PRISE DE SANG

**L**a loi concernant le taux d'alcoolémie au volant vient d'être modifiée. Désormais le taux légal ne sera plus seulement lié à l'alcoolémie du sang mais également à celle de l'air expiré par le conducteur. La dose fatidique reste de 0,8 gramme d'alcool par litre de sang mais est aussi fixée à 0,4 milligramme par litre d'air expiré. A nouvelle loi, nouveaux moyens, ainsi deux nouvelles familles d'appareils électroniques vont entrer en service prochainement : les éthylotests et les éthylomètres.



Les éthylotests électroniques seront utilisés dans le même esprit que l'alcootest. Avec ces appareils, avec certains modèles du moins, il ne sera plus nécessaire de souffler. Une petite pompe aspirera l'air à proximité de la bouche du conducteur et toute trace d'alcool sera décelée. Bien sûr, ils n'indiqueront que la présence d'alcool sans en mesurer précisément la concentration. De telles mesures devront toujours être confirmées soit par une prise de sang, soit par un éthylomètre. Là le seuil de 0,4 milligramme d'alcool par litre d'air expiré ne devra pas être dépassé.

L'éthylomètre fera foi au même titre que la prise de sang. Le cahier des charges de ces analyseurs a donc été particulièrement étudié puisque le fait d'absorber de l'alcool, même en quantité minimale, ou de fumer avant un alcootest peut en fausser le résultat. Ainsi, dès que la personne commence à souffler dans la machine, une analyse par infrarouge de son haleine est aussitôt effectuée.

En premier lieu le taux de CO (monoxyde de carbone) est mesuré. S'il est supérieur à 50 ppm (50 parties pour 1 000 000), l'appareil indiquera que le conducteur a fumé récemment et qu'il faut attendre une quinzaine de minutes avant de pouvoir pratiquer un contrôle valable. Pendant toute la durée de l'expiration la quantité de vapeurs d'alcool émises est en permanence vérifiée, car si le taux d'alcoolémie varie au cours de cette phase, ceci veut dire que de l'alcool est encore présent dans la bouche, donc a été absorbé il y a peu de temps, son évaporation irrégulière peut fausser le résultat final de l'analyse. Là encore l'appareil demandera d'attendre avant d'effectuer la mesure.

Si les conditions d'une mesure exacte sont réunies, le résultat apparaît, en une dizaine de secondes, avec une précision de 0,02 milligramme par litre. D'autres sécurités sont aussi mises en place : avant chaque mesure, l'appareil teste automatiquement l'ensemble de ses fonctions et un contrôle de calibrage est régulièrement effectué en faisant « renifler » aux éthylomètres des milieux à concentration alcoolique étonnante.

A notre connaissance deux types d'éthylomètres existent actuellement. L'un d'origine américaine, fabriqué par CMI et importé par la société SIRAC, l'autre réalisé par Environnement SA, société française spécialisée dans les mesures de pollution. A priori c'est du matériel français qui équipera les brigades de gendarmerie, son concurrent américain n'ayant pas encore été homologué. Actuellement il s'agit d'appareils fonctionnant sur secteur, hors de question donc de les rencontrer à bord des véhicules de police, cependant une version fonctionnant sur 12 volts, donc avec la batterie, est en cours d'étude.

Aux Etats-Unis, la mode de l'éthylomètre fait fureur. On peut faire équiper son propre véhicule d'un appareil qui bloquera l'allumage et empêchera donc tout démarrage du moteur si le seuil critique est dépassé. Le raffinement est poussé à l'extrême : le tube dans lequel doit souf-



fler le conducteur est extrêmement court, ce qui interdit à un passager de souffler à sa place. Pour éviter un éventuel échange de conducteur une fois le moteur lancé, des capteurs de pression placés sous le siège coupent l'allumage dès que l'on en descend. Défense de tricher !

Mais en France aussi, vous pouvez contrôler vous-même votre taux d'alcoolémie avec l'"Alcohol Analyzer". Il s'agit d'un petit appareil électronique qui vous permet en quelques secondes d'analyser votre haleine et de savoir, grâce à son aiguille, si oui ou non vous avez le droit de prendre le volant.

Trois zones de couleur (bleue, blanche à rayures rouges, rouge) délimitent clairement trois taux d'alcoolémie : bon pour la route ; zone limite ; danger.

Par ailleurs l'appareil est muni de trois voyants lumineux vert, jaune, rouge qui indiquent respectivement la marche/arrêt, l'appareil est prêt à fonctionner et l'état des piles. L'"Alcohol Analyzer" est en effet alimenté par 6 piles de 1,5 volt.

Prix moyen : 795 F. Pour tous renseignements : Le catalogue de l'homme moderne, 12 rue Gay-Lussac, 94430 Chennevières/Marne, tél. (1) 45 94 12 00.



## VOIR LA COMÈTE DE HALLEY EN AVION AVEC "SCIENCE & VIE"

**M**ême lorsque le ciel est couvert, la comète de Halley peut encore être observée depuis un avion volant au-dessus des nuages.

*Science & Vie* et une agence, GO-Voyages, vous proposent de faire un tel vol en janvier, entre Paris et Dijon. Le programme comprend :

- Affertement de deux caravelles au départ de Paris-Orly et de Lyon-Satolas. Départs les 10 et 11 janvier pour des vols entre 18 et 20 heures (convocation vers 17 heures) ;
- Vols de nuit d'une heure environ à 10 000 m d'altitude ;
- Commentaire en vol de notre accompagnateur, Emilio Ortiz, ancien pilote de ligne à Air-France, découvreur de comètes, membre de notre jury photo ;
- Prestations à bord : mise à disposition de chaque passager d'une paire de jumelles, coupes de champagne servies gracieusement, remise d'un certificat d'« observation aérienne de la comète de Halley » ;
- Prix : 490 F par personne.

Il est noter que l'observation restera difficile ne serait-ce que parce que les hublots de la caravelle n'ont pas une transparence parfaite. Le pilote de l'appareil suivra toutefois une route qui devrait permettre une observation optimale.

● Renseignements et inscriptions : GO-Voyages, 22 rue de l'Arcade, 75008 Paris, tél. : (1) 42 66 18 18.

**Notre concours photo "comète de Halley"**, lancé dans le dernier numéro de *Science & Vie*, est déjà un succès puisque de nombreuses images de l'astre prises dès novembre nous sont parvenues.

Nous rappelons que ce concours doté de prix est ouvert aux amateurs jusqu'au 30 avril.

Les concurrents devront envoyer :

- Une photo en noir et blanc ou en couleur sous forme de diapositive ou d'épreuve papier (format 13 x 18 cm à 24 x 30 cm).
- Le maximum

de précisions sur les conditions de prise de vue : lieu, date et heure de la réalisation de la photo, constellation dans laquelle se trouvait la comète, instruments utilisés (optique, appareil, monture, film), technique de prise de vue (ouverture, temps de pose, filtrage).

***Le règlement complet a été publié dans S & V de décembre.***

Le jury qui désignera les gagnants se réunira en mai. Il est constitué des

Voyages, 6 bd de Sébastopol, 75004 Paris, tél. (1) 42 71 31 25. Le second (30-3/6-4), par Daro-Voyages, 22 rue Royale, 75008 Paris, tél. (1) 42 60 34 29.

**Dernières nouvelles scientifiques de la comète.** En route vers la comète de Halley qu'elle doit rencontrer le 13 mars prochain. La sonde européenne *Giotto* vient de vérifier le bon fonctionnement de sa chambre de prise de vues couleurs. Pour ce faire, elle a pris des images de la



*Les caméras qui serviront à photographier la comète, ont été essayées avec la Terre à partir de la sonde Giotto.*

personnalités suivantes :

- Président : M. Roger Maurice Bonnet, directeur du programme scientifique de l'Agence spatiale européenne, responsable de la sonde Giotto.
- M. Michel Festou, directeur de l'Observatoire de Besançon, cométologue.
- Mme Michèle Van Hollebeke, chargée de mission scientifique à la Cité des sciences et des techniques de La Villette.
- M. Emilio Ortiz, ancien pilote de ligne, découvreur de trois comètes, dont la comète White-Ortiz-Borelli.
- M. Roger Bellone, journaliste à *Science & Vie*.

***Dépêchez-vous de vous inscrire à nos deux autres voyages, annoncés en détail dans notre dernier numéro (p. 124) : Cordillère des Andes-comète de Halley et Rio-comète de Halley.*** Tous les astronomes amateurs du monde s'y précipitent pour voir la comète au mieux de sa forme. Le premier voyage (26-3/7-4 et 9-4/21-4) est organisé par FNAC-

Terre (**photo ci-dessus**) depuis une distance de 21 millions de km le 18 octobre dernier.

À cette distance, la Terre a un diamètre de deux minutes d'arc seulement, correspondant à 27 éléments d'image de la chambre. Ici, l'on voit l'océan Pacifique et l'Atlantique (en rouge) recouverts de formations nuageuses d'épaisseur variable (indiquée par les variations de couleur, passant du vert au bleu et du jaune au blanc).

Par ailleurs, les chercheurs qui étudient la comète avec l'intérêt que l'on devine ont pu déterminer qu'elle perdait, sous forme de gaz, 2 tonnes d'eau par seconde. Les études spectroscopiques ont également permis de déceler dans le coma des molécules OH, CN, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et surtout HCN, élément qui n'a pu exister qu'au moment de la formation du système solaire, confirmant ainsi la théorie selon laquelle les comètes seraient des lointains témoins de la nébuleuse primitive d'où sont sortis le Soleil et la Terre, il y a approximativement 4,5 milliards d'années.



## GRAND AIR

ULM, AUTO, MOTO :  
POUR COMMUNIQUER 5 SUR 5

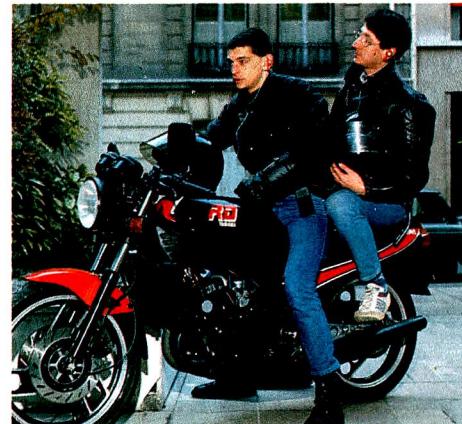
**Q**ue ce soit en ULM, sur une moto ou dans une voiture de rallye, la communication entre pilote et passager a toujours été un problème à cause du bruit. La société espagnole SADELTA propose une solution, le Mottom, qui se présente sous la forme d'un petit boîtier en plastique renfermant un amplificateur se fixant, par une pince, à la ceinture ou dans une poche du pilote, de deux écouteurs d'oreilles et de deux micros se plaçant autour du cou et captant les vibrations de la glotte, procédé présentant l'avantage d'être insensible aux bruits extérieurs (échappement, vent) et de laisser aussi les mains

libres, ce qui peut être utile !

L'alimentation se fait en 12 V, sur la batterie du véhicule, par l'intermédiaire d'une prise de type "allumette-cigares". Si ce branchement est parfait pour une voiture, il obligera à "bricoler" pour un autre véhicule (moto, ULM).

Essayé en auto et à moto, le Mottom se comporte d'excellente façon en toute circonstance, la perception restant toujours particulièrement claire.

Deux réserves cependant : d'abord la fixation de l'écouteur, en plastique dur, qui blesse l'oreille à la longue ; ensuite le fil reliant le passager au pilote qui, trop court, oblige ces deux



derniers à une parfaite synchronisation dans les mouvements.

Prix moyen : 490 F. Pour tous renseignements : JMC, 46 rue Pierre Brossolette, 95200 Sarcelles, tél. (1) 34 19 14 27.

## VIDÉO

UNE CAMÉRA  
COULEUR HAUTE  
RÉSOLUTION

**L**a dernière-née des caméras vidéo d'Olympus au Japon, la VX-308, est un modèle compact (2,5 kg) ayant les qualités d'un matériel de studio : sa résolution horizontale est en effet supérieure à 400 lignes (6 MHz) alors que la plupart des modèles de ce type séparent 260 lignes. C'est aussi une caméra de grande luminosité, son tube Newcosvision associé à un zoom ouvert à 1 : 1,4 fonctionnant avec 7 lux seulement (de 10 à 20 lux pour la plupart des modèles concurrents).

L'Olympus VX-308 est conçue pour le système couleur NTSC 525 lignes et autorise l'enregistrement stéréophonique du son. Elle est équipée d'un générateur graphique à 7 couleurs. La plupart des réglages sont automatiques (exposition, mise au point, blanc...) mais l'opérateur peut toujours intervenir. L'équipement optique est constitué d'un zoom de type macro 1,4/11-88 mm à commande électrique de la variation de focale. Le cadrage se fait au moyen d'un viseur électronique noir et blanc.

Prix annoncé : 6 000 F en NTSC. Date de commercialisation en France et en SECAM encore inconnue.

## LOGICIELS

## LE SOLFÈGE SANS PEINE

**L**'apprentissage du solfège n'a jamais été chose aisée. Pour faciliter la tâche des apprentis musiciens qui en avaient peut être assez de la méthode de Mademoiselle Didi, il était normal que les concepteurs de logiciels se penchent sur la question et fournissent des programmes pour ordinateurs individuels.

Avec son *Cours de solfège sur Apple II*, la firme Technique-Musique de Clermont-Ferrand a parfaitement réussi. La méthode utilisée dans son programme est tout à fait classique.

Tout commence avec des cours et exercices en clé de sol et de fa : les notes s'inscrivent sur l'écran. Après les avoir apprises, l'élève voit une portée apparaître, avec une ou plusieurs notes qu'il doit identifier.

Cette étape franchie, il reste à acquérir les bases du rythme. Des exercices avec plusieurs niveaux de difficulté tenteront, à l'aide de noires, de blanches, de croches, de "pointés", et de silence, de tester en temps réel le sens du rythme du musicien en herbe, pour le corriger ensuite sur l'écran grâce à une astuce graphique, visualisant le rythme correct et celui que l'élève croyait restituer à la vue de la portée présentée sur l'écran.

Enfin, pas de solfège sans dictée

musicale. En même temps qu'il fait entendre la note et le "la" de référence, l'appareil fait apparaître sur son écran une portée avec la note qu'il faudra lire.

Ce logiciel est disponible sur Apple. Pour tous renseignements : Techni-Musique, Centre commercial, rue Fontaine du Bac, 63000 Clermont-Ferrand, tél. 73 26 21 04.

▲ Sur les 1 200 000 élèves qui fréquentent les établissements d'enseignement technique, 53 000 sont, chaque année, victimes d'un accident, dont 15 000 (près de 30 %) durant les heures d'apprentissage en atelier. Ces cours pratiques se révèlent toutefois moins dangereux que les séances d'éducation physique (20 000 accidents dans l'enseignement technique). En revanche, les élèves se blessent plus souvent à l'atelier que pendant les heures de récréation (11 000 accidents) ou que sur le trajet domicile-établissement (7 000). Si les accidents graves restent rares, le coût des soins prodigués aux jeunes blessés donne une idée de l'importance des dangers encourus : plus de 10 millions de francs par an.

## NOUVEAUTÉS : LES CHOIX DE L'AMATEUR ÉCLAIRÉ

**L**e plus petit  $24 \times 36$  du monde s'automatise. Les Minox 35 sont depuis de nombreuses années les  $24 \times 36$  les plus petits du monde. Aujourd'hui, la firme allemande sort le Minox 35 ML, qui, reste toujours le plus petit (180 g pour  $3 \times 6 \times 10$  cm). Ce qui ne l'empêche pas d'être automatique et à double programme : automatisme diaphragme/vitesse et automatisme à priorité au diaphragme (donc par réglage de la vitesse après choix d'un diaphragme) ; une cellule au silicium commande ces réglages d'exposition.

L'appareil comporte en outre une mise en mémoire des mesures de



lumière avant cadrage et déclenchement, et une commande de correction d'exposition pour les contre-jour. Les sensibilités utilisables s'échelonnent de 25 à 600 ISO.

Prix : environ 1 500 F.

### **Une torche flash utilisable avec tous les appareils automatiques.**

L'évolution constante et rapide des appareils photographiques comportait un risque pour les constructeurs de flashes électriques : celui de périr tous leurs modèles à la sortie de chaque reflex automatique nouveau. En effet, pour assurer le fonctionnement automatique du flash, notamment par mesure de la lumière sur le film, dans le boîtier, des connexions de couplage sont nécessaires, et ces couplages perdent toute efficacité dès qu'un nouveau système d'automatisme équipe un reflex, car les paramètres changent.

Pour éviter cet inconvénient, les constructeurs allemands Metz et R. Bosch ont créé le dispositif SCA 300 (qu'ils ont d'ailleurs proposé aux autres fabricants allemands). Il s'agit d'un adaptateur comportant toute l'électronique nécessaire au couplage avec les boîtiers de diverses marques. Ainsi, avec l'arrivée d'un nouvel appareil, il suffit de changer l'adaptateur, le flash restant le même.



La firme allemande Osram a adopté le système SCA 300. Son dernier flash, le S 440 Studio, en est équipé. Il s'agit d'une lampe-torche de puissance moyenne ayant un nombre-guide de 44 pour film de 100 ISO (utilisable avec un nombre-guide 8 à courte distance).

Le flash Osram S 440 est automatique avec une durée d'éclair de 1/500 à 1/50 000 s. Les diaphragmes utilisables sont 2,8, 5,6 et 11. L'angle éclairé correspond à celui d'un objectif de 35 mm, mais peut couvrir le champ d'un 24 mm avec un diffuseur. Le réflecteur est orientable (75° verticalement et 240° horizontalement). L'alimentation se fait par piles ou batterie cadmium-nickel.

Prix moyen : 1 400 F. Pour tous renseignements : Pro Avic, 28-30 rue Fernand-Pelloutier, 92110 Clichy.

**Un grand-angulaire pour la photo sous-marine,** l'UW-Nikkor 2,8/20 mm, destiné aux appareils Nikonos. Son champ super-grand-angulaire de 78° permet la prise de vues avec peu de recul et jusqu'à 40 cm du sujet. Il est utilisable jusqu'à 50 m de profondeur.

Constitué de 9 lentilles traitées multicouches, il pèse 350 g environ et mesure 7 cm de diamètre. Pour le cadrage lors des prises de vues, l'appareil doit être équipé du viseur Nikon DF-12.

Prix moyen : 5 640 F.



**16 vitesses sur un reflex grand public,** l'XR-20 SP Program de Ricoh, un modèle à deux programmes d'exposition automatique. En automatique, l'obturateur électrique règle la vitesse de 16 secondes au 1/2 000 s ; en réglage manuel cet éventail est plus étroit, de 4 s au 1/2 000 s.

Pour l'exposition automatique, l'amateur doit choisir entre un programme normal destiné aux prises de vues courantes et un programme SP favorisant les vitesses rapides (par exemple, en photo sportive).

Les autres caractéristiques du Ricoh XR-20 SP Program sont des plus classiques : objectifs interchan-



geables, mise au point sur stigmomètre et anneau de microprismes, correction et mémorisation d'exposition, retardateur et possibilité d'emploi d'un moteur. Le boîtier mesure environ 13 x 9 x 6 cm et pèse 490 g.

Prix moyen : 2 090 F nu.

**Un tout-automatique pour la photo instantanée.** Polaroid lance l'appareil 670 Deluxe, un modèle de



670 grammes recevant le film couleur Supercolor de 600 ISO donnant des photos en quelques dizaines de secondes.

Le Polaroid 670 Deluxe est un appareil totalement automatique. La mise au point est assurée depuis 0,60 m par ultrasons. Cet automatisme est débrayable, une cellule

## BRICOLAGE

## UN COMPRESSEUR POUR LA MAISON

règle l'exposition, y compris au flash (les vitesses s'échelonnant de 1/3 à 1/200 seconde). Le flash fonctionne pour toutes les photos sauf s'il est débrayé. La cellule mesure donc la totalité de la lumière, la prépondérance appartenant tantôt à la lumière naturelle (en plein soleil), tantôt à l'éclair du flash (la nuit). Dans tous les cas, l'obturateur est fermé dès que l'exposition correcte est assurée.

Prix moyen: 790 F

**Un objectif adoucissant.** Il ne sert pas à faire une photo floue, mais à atténuer la dureté du trait dans un portrait, une nature morte ou un paysage afin de créer un effet ou une atmosphère. L'idéal est de pouvoir doser le degré d'adoucissement, un contrôle du résultat étant possible dans la visée reflex de l'appareil.

C'est ce que permet l'objectif Pentax SOFT 2,2/85 mm. Celui-ci possède 2 lentilles seulement et son



diaphragme le plus petit n'est que de 1: 5,6. Une bague permet de faire varier l'adoucissement. Le soft 2,2/85 mm est destiné aux appareils Pentax 24 x 36. Il peut être associé à un multiplicateur optique qui porte sa focale à 120 ou 170 mm. Son poids est de 230 g.

Prix non encore fixé; disponible début 1986.

**▲ La firme japonaise Olympus** a mis au point un procédé de moulage des lentilles asphériques pour objectifs. La réalisation de tels objectifs permet de réduire le nombre d'éléments optiques. Dans l'avenir, des lentilles asphériques moulées seront fabriquées pour diverses sortes d'objectifs (photo, vidéo, microscopie, endoscopie, etc.). Le premier objectif de ce type a été conçu pour les lecteurs optiques à laser. C'est un 0,14/17 mm de 22 grammes, ayant une transmission lumineuse de 99 %.

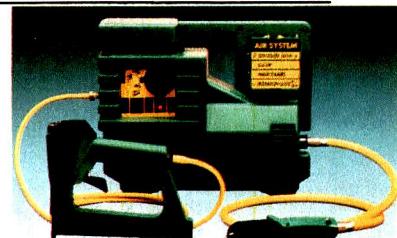
**A** grafage, clouage, peinture, pulvérisation, gonflage, ponçage, perçage, polissage, pompage, etc., de plus en plus de bricoleurs s'équipent en compresseurs, qui leur permettent de faire au mieux les travaux désirés, avec une grande facilité.

L'air comprimé, énergie propre, fiable et silencieuse, est utilisé pour les mêmes raisons dans l'industrie depuis de nombreuses années. Mais jusqu'ici, les compresseurs, source de cette énergie pneumatique, proposés aux bricoleurs, ne sont que des bas de gamme industrielle bruyants, salissants (huile) et lourds: autant d'inconvénients inacceptables dans une maison.

Le nouveau compresseur EDS, le plus miniaturisé et le premier au monde à avoir été conçu spécifiquement pour les bricoleurs, remédié à ces inconvénients. D'abord, il est léger (7,5 kg: plus besoin de roulettes, sa poignée suffit aisément pour le transporter) et compact (1: 300 mm, L: 365 mm, h: 160 mm).

Ensuite, il est propre: finies vadiges, fuites d'huile ou moteur cassé par manque de lubrification. Son moteur de 0,8 ch fonctionne à sec, il est lubrifié pour la vie, sans aucun entretien: la tête de compression et le piston de l'EDS sont en aluminium, robuste et léger; ils vont et viennent dans une chemise de cylindre en Téflon.

Enfin, il est carrossé d'une coque



en ABS qui diminue considérablement le bruit de fonctionnement et permet de travailler tranquillement. Son moteur suspendu sur "silent-blocs" élimine les vibrations. Sa coque, renforcée de fibre de verre n'est pas seulement un isolant phonique: elle est antichoc et assure une double isolation électrique.

Sur ce dernier plan de sécurité, l'EDS est également équipé d'un disjoncteur automatique contre les surcharges électriques ou thermiques et d'une soupape de sécurité contre les surpressions.

Développant 650 watts (une puissance suffisante pour percer une cloison, poncer une table ou brosser une grille), le moteur de l'EDS fournit deux énergies séparées: une source générale de l'air comprimé jusqu'à 7 bars, une autre source délivre une puissance rotative de 2 650 t/mn pour entraîner un flexible porte-mandrin. Deux circuits indépendants de circulation d'air assurent la grande pureté de l'air comprimé et un refroidissement efficace.

Prix moyen: 1 500 F. Pour tous renseignements: Sté Rocagraf, BP 94, 91943 Les Ulis Cedex, tél. (1) 69 07 56 81. Les accessoires (cloueuse, agrafeuse, pistolet à peinture, flexible porte-mandrin) sont vendus séparément, en fonction des besoins de chacun.

## AUTOMOBILE

## UN RÉSERVOIR DANS LA ROUE DE SECOURS

**E**n pleine campagne ou sur l'autoroute, la panne d'essence ne fait pas particulièrement plaisir! Les bornes d'appel ou les postes à essence ne sont pas forcément pas à deux pas, et les autres automobilistes ne se sentent pas obligés de s'arrêter pour si peu!

Ce petit réservoir de secours, en plastique hydrocarbure, d'une conte-



nce de 5 litres, s'encastre dans toute roue de secours (déconseillé si celle-ci est près du moteur).

Le gain de place est évident et le prix ne vaut pas la peine de s'en priver: 78 F. Pour tous renseignements: Bazar de l'Hôtel de ville, 52 rue de Rivoli, 75004 Paris, tél. (1) 42 74 90 00.

# LES PHYSICIENS DÉCOUVRENT LA FICELLE

(suite de la page 28)

mental à 4 dimensions ; on ignore encore si cette "contraction" de 10 à 4 dimensions prendra place naturellement dans la théorie. Mais si c'est le cas, ce sera une fameuse victoire pour la physique, car on aura expliqué à partir d'une théorie pourquoi notre monde baigne dans un espace-temps quadri-dimensionnel. C'est dire jusqu'où va l'ambition des physiciens aujourd'hui...

On n'en est pas là. En revanche, un autre résultat étonnant vient d'être obtenu. La théorie des cordes dans un espace à 10 dimensions rend bien compte de la violation de la symétrie par les forces faibles, et ses calculs sont bien libres de toute anomalie, à condition d'appartenir à l'un des deux groupes de symétrie, notés SU (32) et  $E_8 \times E_8$  par les physiciens. Ces deux groupes sont énormes, c'est-à-dire qu'ils laissent la place à un très grand nombre d'opérations de symétrie, dont celles qui correspondent aux forces électromagnétiques, faible et forte.

Si l'on parvenait à comprimer les 10 dimensions du système pour les ramener à 4, le groupe de symétrie  $E_8 \times E_8$  (l'un des deux seuls possibles pour la théorie des cordes) ferait apparaître un sous-groupe ( $E_6$ ) qui se trouve correspondre à une théorie de grande unification. Et du même coup émergeraient, au sein de la théorie des cordes, des familles de particules semblables aux quarks et aux leptons.

Un résultat prodigieux. Le jour où l'on saura "contracter" les dimensions de l'espace, on pourra espérer, à partir de simples jeux de petites cordes, retrouver la grande unification, son groupe de symétrie, la supersymétrie, les particules connues, la gravitation quantique, et retomber sur la théorie électrofaible, une doctrine qui a fait ses preuves. Tout cela sans incohérences ni anomalies. Idéa-

lement, la théorie des cordes devrait expliquer aussi la masse et la charge des particules, l'intensité des forces et bien d'autres phénomènes, sinon tous. Et l'on déboucherait enfin, au-delà du comment des choses, sur le pourquoi.

Poussons cette éventualité plus loin. Car si la théorie des cordes décrit les abîmes jusqu'ici insondables de notre Univers, elle prévoit aussi, toujours grâce aux groupes de symétrie, l'existence d'un univers parallèle évoluant dans d'autres dimensions. Un "univers de l'ombre" vis-à-vis duquel nous serions aveugles, mais qui se mêlerait au nôtre, avec ses propres forces, ses particules, ses galaxies et ses planètes, sans qu'il y ait jamais possibilité de communication entre lui et nous, si ce n'est par des effets gravitationnels. Là se trouve peut-être l'explication de la fameuse "masse manquante" de l'Univers recherchée par les astrophysiciens. (En effet, la matière des galaxies paraît insuffisante pour rendre compte des forces de gravitation engendrées par le cosmos : il manque de la masse.) La seule trace que laisserait, à nos yeux, cet univers occulte, pourrait être une "matière noire" qui, comme les trous noirs, ne serait sensible à aucune force sinon les interactions gravitationnelles.

Comment tester la théorie des cordes ? Elle lance un difficile défi aux expérimentateurs (ainsi d'ailleurs qu'aux mathématiciens, qui devront s'occuper du problème de la "contraction" des dimensions). On l'a vu, c'est une théorie de la gravitation quantique, et ses résultats ne diffèrent vraiment de ceux des autres théories qu'à des échelles proches de la longueur de Planck ( $10^{-35}$  m). Impossible de vérifier à ce niveau : il faudrait, nous l'avons dit, des énergies comparables à celle du *big bang*. Aussi les expérimentateurs recherchent-ils des effets indi-

rects, par exemple les manifestations de la fameuse "matière noire", purement gravitationnelle. Cela dit, les "cordistes" suivent avec intérêt les expériences menées dans les grands accélérateurs, dans des buts tout différents : la découverte de particules nouvelles ou de phénomènes physiques encore inconnus pourrait faire évoluer la théorie.

Pourtant, les questions essentielles restent sans réponse. La théorie des cordes, pour l'instant, n'a encore rien dit sur les raisons profondes de ses propres résultats.

Les particules sont-elles vraiment des cordes ? Si oui, pourquoi justement des cordes ? Et pourquoi tous ces "miracles" ? La théorie se présente encore comme une extraordinaire succession de coïncidences dont on ignore le fil conducteur. Ou comme un gigantesque puzzle dont les pièces s'emboîtent mais ne révèlent pas le motif d'ensemble, elle n'a pas trouvé sa grande vérité sous-jacente, comme l'avait fait la relativité d'Einstein, ou la mécanique quantique avec le principe de complémentarité. Reste à son actif qu'elle a réussi à construire le premier modèle vraiment convaincant de la gravitation quantique, dégagé des incohérences qui poursuivent toute tentative de quantification de la relativité générale.

Quand on approche l'échelle de Planck, les particules ponctuelles deviennent inopérantes ; c'est là que la théorie des cordes prend tout son sens. Elle apporte quelque chose de fondamental, là où la relativité générale n'est qu'une approximation, puisque cette dernière n'est strictement vraie que pour des grandeurs supérieures à  $10^{-38}$  m. Elle recèle peut-être un principe essentiel, qui serait une sorte d'extension du principe de la relativité, et qui reste à découvrir. Einstein le disait : « La chose la plus incompréhensible dans la nature, c'est qu'elle soit compréhensible. »

Hélène GUILLEMOT ●

# CHERCHEUR CHERCHE EMPLOI STABLE

(suite de la page 13)

non-professionnels de la recherche. Il n'est pas rare en effet que des hors-statut, malgré des années de "vache enragée" (ou à cause d'elles), aient plus de connaissances, plus de savoir-faire, voire plus de diplômes que les membres des commissions. On a même vu un candidat au CNRS réussir une si brillante carrière parallèle que les commissions, médisées, n'osèrent plus lui proposer un engagement officiel de chargé de recherche de 2<sup>e</sup> classe !

**La course à la paternité.** Ceux qui ont eu la chance de trouver une place dans le temple de la recherche n'en sont pas pour autant à l'abri d'un mauvais coup ou d'une mauvaise surprise. Car, même à l'intérieur du sanctuaire, la compétition est rude. La recherche étant subordonnée à l'octroi de crédits, et

l'octroi de crédits dépendant des résultats obtenus, c'est à qui pourra se prévaloir de la paternité d'une découverte. D'autant que les promotions sont également liées au succès.

Voilà pourquoi certains patrons de laboratoire et certains chefs d'équipe, soucieux de pourvoir s'attribuer le plus grand nombre de paternités possible, n'hésitent pas à s'approprier les travaux de leurs subordonnés. Les plus honnêtes se contentent de cosigner les découvertes de leurs assistants ; d'autres les capparent purement et simplement.

Le malheur de la recherche en France, c'est qu'elle ne repose pas sur la compétence, mais sur une hiérarchie fonctionnarisée où l'ancienneté prime le talent.

**Tu ne seras pas chercheur, mon fils !** Si donc vous êtes prêts à faire antichambre pendant des années pour une bouchée de pain ;

Si vous êtes disposés à voir

votre sort dépendre de l'arbitraire d'une commission dont les membres n'ont pas forcément vos compétences scientifiques ;

Si vous pensez que l'importance d'une découverte se mesure d'abord à sa rentabilité et non à son contenu ;

Si vous êtes capables de supporter le mandarinat et de lui faire don de votre personne ;

Si vous trouvez normal de travailler sans moyens et de perdre des journées à quémander 10 000 francs pour en obtenir 100 ;

Si vous estimatez qu'il est plus judicieux d'étudier l'impact de la tétine à deux trous chez les nourrissons du Sud-Yemen que l'impact du cancer dans les différentes populations du globe ;

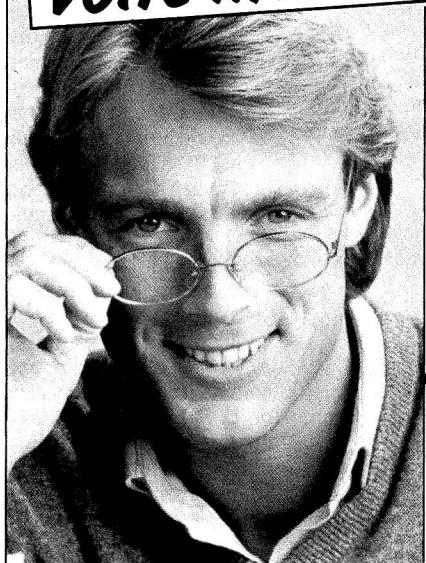
Si vous n'êtes pas choqués par le copinage, la combine, la manigance et l'intrigue ;

Si, enfin, vous avez dans la place un parrain influent ;

Alors, oui, vous serez chercheurs, mes fils !

Jean HEYRAS ●

## Développez votre mémoire



Vous le pouvez ! Et c'est facile, grâce à la surprenante méthode CHEST qui vous permet d'acquérir très vite une mémoire souple, fidèle, infaillible...

Cette méthode est si simple qu'un enfant de quatorze ans peut l'étudier entièrement en un mois (un quart d'heure par jour suffit).

Bientôt, vous retiendrez sans difficulté les noms propres, les visages, les langues étrangères et même les choses les plus compliquées (par exemple une liste de 100 nombres de 5 ou 6 chiffres).

Comment cela est-il possible ?

Vous le saurez en lisant la passionnante brochure en couleurs offerte gratuitement par l'I.P.M.

Pour la recevoir, il vous suffit de découper et de remplir le bon ci-dessous, et de le renvoyer à l'I.P.M. (Service L.601) - 40, rue Jules-Ferry - 59430 Saint-Pol-sur-Mer - Tél. (28) 60.96.47 (établissement privé).

Je désire recevoir, moi aussi, la brochure qui me révélera comment multiplier par 10 la puissance de ma mémoire. Voici :

Mon nom \_\_\_\_\_ Mon prénom \_\_\_\_\_

Mon âge \_\_\_\_\_ Mon adresse \_\_\_\_\_

Il est entendu qu'aucun démarcheur ne me rendra visite.



**GRATUIT  
ET SANS  
ENGAGEMENT**

les autres et se conservent sans se détruire. Pour Freud, le fil conducteur est le désir sexuel.

Pour lui, chaque enfant naît avec un certain montant d'énergie libidinale, que la science parviendrait peut-être un jour à quantifier (6). Chez le

nourrisson, ce sont la bouche, la langue, les lèvres qui servent à exprimer cette énergie : c'est le stade oral. Le plaisir du nourrisson qui suce son pouce est un « plaisir sexuel ».

Pourquoi ? Parce que c'est un substitut du sein maternel, « premier objet de l'instinct sexuel ». Parce que « l'acte qui consiste à sucer le sein maternel est le point de départ de toute la vie sexuelle, l'idéal jamais atteint de toute satisfaction ultérieure » (7).

Plus tard apparaît le stade anal : « Le nourrisson s'efforce bientôt d'organiser ses excréptions urinaires et fécales de façon qu'elles lui procurent un maximum de plaisir. »

Comme chez Piaget, le nouveau stade ne supprime pas le stade précédent, il le conserve et l'intègre dans une conduite. Plus tard, la répression parentale ouvre la voie aux « luttes extérieures et intérieures de l'avenir (on défend à l'enfant de se débarrasser de ses excréments quand et comme il veut, on le force à se conformer aux indications d'autres personnes) ».

Plus tard encore, la libido de l'enfant se porte sur les organes sexuels eux-mêmes. La répression des parents intervient à nouveau, et l'enfant « tombe sous la domination du complexe de castration ». Et ainsi de suite jusqu'au stade crucial du complexe d'Edipe, puis à l'adolescence et à l'âge adulte, chacun de ces événements laissant son empreinte sur le psychisme ultérieur.

A supposer que les descriptions freudiennes aient encore un intérêt aujourd'hui, comment établir la continuité entre les différents stades ? Est-ce que l'image que l'enfant a de sa mère au troisième mois est conservée chez l'enfant de trois ans ? Est-ce que l'image qu'un enfant de trois ans a de sa mère se

conserve chez l'adolescent ?

Freud, on le sait, estime que ces images s'inscrivent dans l'inconscient. Mais combien s'effacent ? Parmi celles qui s'inscrivent, combien se transforment par l'apport d'informations ultérieures ?

Du point de vue biologique, en tout cas, il n'est pas invraisemblable que la quasi-totalité des connexions neuronales établies pour fixer des souvenirs pendant les deux premières années de la vie disparaissent sans laisser de traces. Et il est probable qu'un grand nombre d'événements mentaux que la théorie freudienne jugerait significatifs ne peuvent jamais remonter à la conscience, pour la bonne raison que le cerveau a perdu leur empreinte.

Aujourd'hui, certains psychologues se mettent au diapason de la neurobiologie et remettent en cause à leur tour les conceptions de Freud et de Piaget.

C'est le cas par exemple d'un professeur de psychologie à Harvard, Jerome Kagan, qui a écrit en 1984 un livre au titre ambitieux : *La nature de l'enfant* (8). Il reprend à son compte les acquis de la biologie du cerveau et met l'accent sur les discontinuités du développement de l'enfant. Il accepte l'idée que les souvenirs des premières années de la vie ont disparu corps et biens. Il se fonde également sur l'examen critique d'enquêtes menées depuis un demi-siècle par les psychologues américains pour conclure que l'expérience des trois premières années de la vie n'a pas de valeur prédictive. Ce n'est pas parce que vos parents ont été tués sous vos yeux, comme lors des bombardements de la Seconde Guerre mondiale ou lors de la guerre de Corée, que vous deviendrez une personne inadaptée. Tous les espoirs sont permis !

Olivier POSTEL-VINAY

## QUESTIONNAIRE

### DES SOUVENIRS DE VOTRE PETITE ENFANCE ?

1. Pouvez-vous dater avec précision votre premier souvenir (mettez une croix dans le carré correspondant).

oui  non

2. Parmi vos premiers souvenirs, pouvez-vous distinguer entre ceux qui vous sont réellement personnels et ceux qui ont pu être influencés par le récit d'un témoin ?

oui  non

3. Pouvez-vous dater vos premiers souvenirs personnels, au sens défini ci-dessus ? Quel âge aviez-vous ? (entourez-le d'un trait).

1 an 2 ans  
3 ans 4 ans  
5 ans 6 ans  
7 ans 8 ans  
9 ans

4. Avez-vous le sentiment que des événements survenus au cours des trois premières années de votre vie ont joué un rôle déterminant dans la suite de votre vie ?

oui  non

5. Connaissez-vous une ou plusieurs personnes dont la petite enfance (trois premières années) a été marquée par des événements graves ou une expérience potentiellement traumatisante ?

oui  non

6. Si oui, établissez-vous un lien de cause à effet entre cette expérience et le psychisme actuel de ces personnes ?

oui  non

7. D'une manière générale, avez-vous le sentiment que l'expérience vécue au cours des trois premiers mois de la vie de ceux qui vous entourent a exercé un rôle déterminant sur leur psychisme ?

oui  non

(6) *Essais de psychanalyse*, Payot, 1927, p. 109.

(7) *Introduction à la psychanalyse*, chap. 20.

(8) *The Nature of the Child*, Basic Books, New York, 1984.

# ESPIONNAGE CHEZ LES MICROBES

(suite de la page 51)

plasme (visibles au centre de la photo à gauche du noyau), soit accrochées à l'extérieur de la membrane cellulaire.

Quand ils ont trouvé les sites de ces enzymes sur le message génétique coupé en petits bouts, les chercheurs se sont aperçus que de nombreuses séquences sur l'ADN de ces plasmides étaient identiques, ou répétaient des motifs presque identiques.

Ils ont alors cherché le lieu géographique exact du gène Inv sur un des plasmides pINV2 (pas la peine de le faire pour tous les plasmides), en provoquant des modifications de l'ADN ; il suffit d'insérer des transposons, des morceaux de gènes, pour altérer complètement la lecture et la traduction de l'ADN en ARN, puis en protéines. Or, toutes les mutations provoquées, qui détruisent l'effet d'invasion du gène, se sont trou-

vées regroupées dans une petite région de 3 200 bases. C'est celle-ci qui suffit, grosse surprise, à "passer" une information d'invasion. Il s'agirait d'une seule protéine, de grosse taille tout de même.

Cette protéine, ce petit bout d'ADN, c'est cela la grande trouvaille. Les chercheurs veulent maintenant reconstruire le gène d'invasion, isoler et localiser des mutations sur cette région, pour connaître la séquence du gène. A partir de lui, ils pourront synthétiser la protéine responsable. S'agit-il d'une nouvelle classe de protéines jamais décrite auparavant, et qui seraient communes à tous les microbes pathogènes ? Seraient-elles le rouage essentiel de leur stratégie d'attaque ? Le déchiffrage de ce plan d'attaque pourrait permettre de connaître les mécanismes infectieux des microbes, et de s'en prémunir, mais aussi d'en utiliser les informations en les détournant, par exemple pour utiliser des colibacilles traités comme véhicules de

transport. A ce sujet, *Science & Vie* a rencontré Philippe Sansonetti, le spécialiste français de l'invasion cellulaire à l'Institut Pasteur. « L'idée de manipuler des colibacilles pour envahir des cellules vient de nous, de ce laboratoire. Ce qui n'enlève rien à la beauté, à l'élégance des travaux d'Isberg et de Falkow. »

« Quant aux applications, elles devraient être surtout thérapeutiques. Actuellement on manque cruellement de vaccins efficaces contre les maladies diarrhéiques, responsables en bonne part de l'effroyable mortalité dans les pays du tiers-monde. S'il s'agit bien, comme le disent Isberg et Falkow, d'une protéine unique, capable d'envahir la cellule, on peut imaginer de lui coupler un antigène vaccinant ; nous l'avons fait. On pourrait faire un tel vaccin qui pénétrerait les cellules de la barrière intestinale, les vaccinant contre les bactéries intestinales responsables des diarrhées. »

Jean-Michel BADER ●

## ACCÉDER A L'INFORMATION : FAITES-LE EN MINITEL.



Obtenir rapidement un renseignement pratique, ou l'information spécialisée dont vous avez besoin, être toujours au courant de l'actualité fiscale, sociale ou juridique.

Voilà quelques-uns

des services que vous proposent les banques d'information sur Télétel.

Ces services à destination des professionnels, il en existe dans tous les domaines, et il s'en crée de nouveaux presque quotidienne-

ment. Pour y accéder, il suffit d'avoir un Minitel.

Et ça marche partout en France, avec le langage le plus simple qui soit, celui de tous les jours.

Pour de plus amples renseignements sur

Télétel, adressez-vous à votre correspondant habituel des Télécommunications.

**telétel**



**La puissance de l'informatique, la simplicité du téléphone.**

# URANUS

## ENFIN VUE DE PRÈS

(suite de la page 19)

inverse des aiguilles d'une montre. Deux, Titania et Obéron, ont été découverts par William Herschel lui-même, en 1787. William Lassel en 1851 en a observé deux autres : Ariel et Umbriel. Quant à la petite Miranda, elle est si proche de la planète qu'elle n'a été dénichée qu'en 1941, par Gérard Kuiper. Alors que ses frères aînés ont des diamètres compris entre 300 et 1 200 km, le sien semble inférieur à 160 km.

Ariel, Titania et Obéron ont dans leurs spectres des raies caractéristiques de la glace d'eau : leurs corps sont probablement couverts de glace ou de givre. Encore une originalité, car jamais on n'avait observé d'eau aussi loin dans le système solaire.

En étudiant le mouvement des satellites, on peut estimer leur masse et leur densité. Cette dernière ayant été calculée de l'ordre de 2, on en déduit qu'ils sont constitués d'un mélange de silicate, d'eau et de glace. Leurs températures et leurs pressions centrales semblent trop faibles pour que leurs noyaux soient en fusion.

En dehors de ces cinq satellites givrés, Uranus compte 9 anneaux qui se déplient sur un millier de kilomètres, à une distance allant de 4 200 à 5 200 km de son centre. Une occultation particulièrement favorable, le 22 avril 1982, a permis de les observer en détail, à 2 km près. C'est ainsi qu'on a constaté que l'anneau  $\alpha$  se divise en deux éléments, séparés de 4,2 km à peine. En comparant, par ailleurs, les différents profils de l'anneau  $\epsilon$ , obtenus entre 1977 et 1982, on s'est rendu compte que celui-ci variait de largeur suivant la région observée.

Plus original encore est l'anneau  $\gamma$ . C'est un ruban circulaire de 3 km de largeur et de 47 655 km de rayon ! Toutes proportions gardées, on pourrait le

comparer à un fil d'araignée d'un centième de millimètre de largeur, parfaitement circulaire et avec un rayon de 10 cm. Une telle finesse pose de sérieux problèmes de dynamique dont on ne sait comment ils sont surmontés, on ignore donc comment cet anneau tient.

Bien d'autres mystères entourent Uranus. On ignore en particulier le temps que met cette planète fantasque à accomplir un tour complet sur elle-même. La plupart des livres d'astronomie avancent le chiffre de 10,8 heures, mais les données sur lesquelles ils s'appuient, celles de J.H. Moore et D.H. Menzel, datent de 1930, et l'on a établi depuis qu'elles sont fausses. Uranus, selon certains astronomes, tournerait sur lui-même beaucoup plus lentement. Sa période de rotation devrait être comprise entre 15 et 17 heures, et peut-être plus. Après le survol par *Voyager 2*, on sera sans doute beaucoup mieux informé.

Partie le 20 août 1977, la sonde américaine fonce vers sa cible. Profitant d'une position particulièrement favorable de toutes les planètes extérieures, qui ne se produit que tous les 179 ans, elle a atteint Jupiter en 10 mois et 11 jours, Saturne en 4 ans à peine, et elle sera donc arrivée sur Uranus en moins de 9 ans. Pour être allée "aussi vite", elle aura utilisé une technique simple : chaque fois qu'elle s'approche d'une planète, elle se sert de son champ de gravitation pour s'accélérer ; elle saute ainsi de planète en planète par un jeu de ricochet. Après le survol d'Uranus, elle poursuivra encore sa route pour explorer Neptune en 1989.

D'ici là, les découvertes réalisées en 1986 sur Uranus, ses satellites et ses anneaux, auront peut-être entraîné une grande révision de nos conceptions sur le système solaire.

par Anna ALTER ●

## FAITES LE POINT AVEC LES HORS SÉRIE DE SCIENCE & VIE

- |   |   |
|---|---|
| N° 136 - LA MÉDECINE                    | N° 147 - LE SPORT<br>AU QUOTIDIEN           |
| N° 137 - AUX CONFINS<br>DE L'UNIVERS    | N° 148 - L'ESPACE :<br>LE NOUVEAU MONDE     |
| N° 139 - L'AUTOMOBILE                   |   |
| N° 140 - LA POLICE<br>SCIENTIFIQUE      | N° 149 - LA PHOTO<br>IMAGES<br>SYNTHÉTIQUES |
| N° 144 - LES CATASTROPHES<br>NATURELLES | N° 150 - LES MÉDECINES<br>PARALLELES        |
| N° 146 - LA NOUVELLE<br>BOTANIQUE       | N° 151 - AVIATION 85                        |
|   | N° 152 - LE CHOC<br>DES MÉDIAS              |



### BULLETIN DE COMMANDE

à découper ou recopier et adresser **palement joint**,  
à SCIENCE & VIE 5, rue de La Baume 75008 PARIS  
Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code postal ..... Ville .....

• NUMÉROS HORS SÉRIE :

.....

soit ..... numéros à 18 F l'un franco (étranger 23 F)

• RELIURES

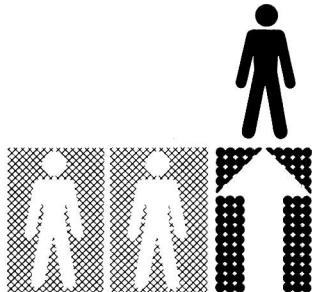
Qté ..... lots de 2 reliures au prix de 55 F  
franco (étranger 60 F)

CI-JOINT MON RÉGLEMENT TOTAL DE ..... F  
par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE-BRED.  
Etranger : mandat international ou chèque  
compensable à Paris.

SV 820

# Chez vous!

## Apprenez un métier Préparez vos examens



### ECS Des formations opérationnelles

#### L'École chez soi

Enseignement privé à distance, adapté aux besoins, au temps disponible et au niveau de l'élève.

- Soumis au contrôle de l'État, conformément à la loi.
- Si vous êtes salarié, une prise en charge de vos études dans le cadre de la formation continue est possible.

Consultez-nous.

- ECS facilite votre intégration comme votre promotion dans l'entreprise, vous prépare aux examens, concours et diplômes d'État.
- Cours écrits et stages accessibles quel que soit le niveau d'instruction.
- Possibilité de formation à la carte.

#### Métiers des Services

- Services publics (fonctionnaires)
- Comptabilité - gestion
- Secrétariat
- Para-médical et social (infirmière, masseur, assistante sociale, etc.)
- Droit
- Hôtellerie
- Vente, représentation
- Carrières féminines

#### Métiers de l'Industrie

- Informatique
- Électronique
- Électricité
- Bâtiment et travaux publics
- Automobile
- Mécanique générale
- Dessin industriel

#### Formation générale et examens

- Enseignement général
- Brevet des collèges, CAP, BP, BTS...
- Baccaulauréats C, G2 et F4
- Entrée dans les universités et IUT
- Anglais
- Audio-maths

**ECS INFO (1) 46 34 21 99**

#### Inscription à tout moment de l'année

Retournez dès aujourd'hui  
ce coupon-réponse à ECS  
1, rue Thénard 75240 Paris Cedex 05

ORIENTATIONS

# ecs

**L'ÉCOLE CHEZ SOI**

ENSEIGNEMENT PRIVÉ À DISTANCE

Groupe Eyrolles

#### Bon pour une documentation gratuite

Veuillez m'envoyer gratuitement et sans engagement de ma part votre documentation concernant l'enseignement suivant :

M.  Mme  Mlle

—

Prénom

—

Adresse : N° Rue

—

Code postal Ville

—

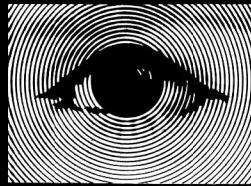
Téléphone :

—

À renvoyer à ECS - 1, rue Thénard 75240 Paris Cedex 05

SV 101

# DEVENEZ



## PHOTOGRAPHE

Sans quitter votre emploi, l'Institut Spécial d'Enseignement par Correspondance (organisme privé), vous prépare à ces brillantes carrières : photographe de mode, de publicité, de presse et de reportage. Demandez notre brochure gratuite à : I.S.E.C. (serv. F1), 11, Faubourg Poissonnière, 75009 Paris.

Pour la Belgique : 176, Boulevard Kleyer 4000 Liège. Tél. 041/52.60.98

**BON** pour recevoir  
notre brochure gratuite

Nom .....  
Adresse .....  
..... code postal .....

Ville .....

F1

**Ecrivez donc sans  
aucune faute grâce à  
l'Orthographex**



Présenté sous la forme d'un triptyque en couleurs, sur carton plastifié, l'ORTHOGRAPHEX vous permet de trouver, instantanément et sans rien feuilleter, le mot sur lequel vous hésitez et de vérifier s'il est masculin, invariable, etc. L'ORTHOGRAPHEX comporte 7 250 mots ! Indispensable à tous ceux qui écrivent (écrivains, journalistes, secrétaires, etc.), il est également l'aide fidèle du collégien, de l'étudiant... Il sert même pour les loisirs : mots croisés, scrabble, jeux télévisés, etc.

Distribué par l'I.P.M joindre 50F(chèque, timbres ou 15 coupons réponse) . Vous recevrez en plus un passionnant petit livre qui vous montrera comment améliorer rapidement votre orthographe. I.P.M. (Bureau L601) 40, rue Jules-Ferry - 59430 SAINT-POL-SUR-MER

# B.T.S.

## INFORMATIQUE

*Diplôme d'Etat*

Vous pouvez dès maintenant préparer tranquillement chez vous le B.T.S. Services Informatiques diplôme d'Etat. Vous aurez alors la qualification professionnelle pour devenir Cadre Informaticien. Langages étudiés COBOL et BASIC. Avec ou sans BAC ce B.T.S. se prépare en 24 mois et ne demande pas de connaissance informatique au départ. Nos élèves bénéficient de notre garantie études et peuvent en option suivre un stage pratique sur ordinateur. Inscription toute l'année. Brochure gratuite n° Z 4239 à I.P.I.G., Organisme Privé, 92270 Bois-Colombes. Tél. (1) 42 42 59 27.



**ENTREZ DANS L'AN 2000**

**ARMEE DE TERRE  
INFORMATION**

BROCHURE SUR DEMANDE:  
BUREAU CENTRAL DES ENGAGES SV  
37, BD PORT ROYAL 75998 PARIS ARMEES

# PASSIONNANT !

## *Quand la science explique la Vie...*

**SCIENCE  
& VIE**

**Neuf mois  
pour venir au monde**

*L'album  
photographique  
de la  
vie foetale*



18F

NUMERO HORS SERIE TRIMESTRIEL

ISSN 0151 0282

Comment s'élabore un être humain ? Que se passe-t-il entre la rencontre de deux cellules et la naissance d'un individu parfaitement formé ? Au cours des neuf mois que dure la grossesse, on assiste à l'accomplissement immuable d'un programme aussi complexe que merveilleux. C'est une véritable odyssée que la science explique avec de plus en plus de précision.

Ce numéro hors-série de *Science & Vie* présente – à la lumière des connaissances actuelles – les différentes étapes du développement embryonnaire et répond aux très nombreuses questions que pose la grossesse.

**Un numéro exceptionnel  
de SCIENCE & VIE  
En vente partout. 18 F.**

**UN HORS-SERIE DE  
SCIENCE & VIE**

**SCIENCE  
& VIE**



# Fleur de Savane

---

CIGARES CIGARILLOS PETITS CIGARES